تكنولوجيا الزراعات المحمية

حقوق النشر

المكتبة الأكاديمية

١٢١ ش التحرير - الدقي - القاهره

تليفون: ٣٤٨٥٢٨٢ / ٣٤٩١٨٩٠

فاكس: ٣٤٩١٨٩٠ - ٢٠٢

سلسلة أساسيات الخضر : الجوانب العلمية وتطبيقاتها العملية

تكنولوجيا الزراعات المحمية

تأليف

د . أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ ورئيس قسم الخضر - كلية الزراعة - جامعة القاهرة

دكتوراه الفلسفة من جامعة كورنيل بالولايات المتحدة الأمريكية

والحائز على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى من

جمهورية مصر العربية



الناشر

المكتبة الأكاديمية

١٩٩٩

المقدمة

يعد هذا الكتاب مكملاً للكتب التى سبقته إلى الظهور من هذه السلسلة (سلسلة أساسيات الخضر : الجوانب العلمية وتطبيقاتها العلمية) ؛ وهى : « أساسيات وفسيولوجيا الخضر » ، و « تكنولوجيا إنتاج الخضر » ، و « الممارسات الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر » . وعلى الرغم من أن هذا الكتاب يبدو مستقلاً فى موضوعه . . فإنه يعتمد ويرتبط بكثير من الأمور التى وردت فى الكتب التى سبقته إلى الظهور .

يتضمن هذا الكتاب ثلاثة عشر فصلاً تغطى موضوع الزراعة المحمية من مختلف جوانبه ، كما يلى :

١ - تاريخ الزراعة المحمية ، وأهميتها ، واقتصادياتها (الفصل الأول) .

٢ - أساسيات إنشاء البيوت المحمية (الفصل الثانى) ، وأساسيات ووسائل التحكم فى مختلف العوامل البيئية فيها (الفصل الثالث) .

٣ - الأنواع المختلفة من المحاليل المغذية وطرق تحضيرها وخصائصها (الفصل الرابع) ، واستعمالها فى شتى مزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية (الفصل الخامس) ، ومختلف أنواع المزارع المائية (الفصل السادس) .

٤ - أساسيات زراعة الخضر فى البيوت المحمية وخدمتها (الفصل السابع) ومكافحة أمراضها وآفاتها (الفصل الثامن) .

٥ - إنتاج أهم محاصيل الزراعات المحمية ؛ وهى : الطماطم (الفصل التاسع) ، والفلفل والباذنجان (الفصل العاشر) ، والخيار (الفصل الحادى عشر) ، والقاوون

(الفصل الثانى عشر) ، والفاصوليا (الفصل الثالث عشر) . وقد تم تناول كل محصول منها من جوانب عديدة ؛ شملت : الأصناف الهامة ، والاحتياجات البيئية ، ومواعيد وطرق الزراعة ، والرى ، والتسميد مع برامج تسميدية مفصلة ، والتربية والتقليم ، ووسائل تحسين عقد الثمار ، والمحصول المتوقع ، والأمراض والآفات الهامة وطرق مكافحتها .

وقد استعنت فى تأليف هذا الكتاب بمئات المراجع التى تضمنت أحدث ما صدر من كتبٍ وأبحاثٍ فى مجال الزراعة المحمية .

والله أسأل أن يكون هذا الكتاب خير معينٍ لكلٍّ من : منتج الخضر ، ودارس الخضر ، والباحث فى مجال الزراعات المحمية ؛ حيث لم تغب اهتمامات أى منهم عن ذهنى أثناء تأليف هذا الكتاب.

د . أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الفصل الأول

تقديم للزراعات المحمية

يقصد بالزراعة المحمية للخضر إنتاجها فى منشآت خاصة تسمى الصوبات أو البيوت المحمية لغرض حمايتها من الظروف الجوية غير المناسبة ؛ وبذلك يمكن إنتاجها فى غير مواسمها . وتتوفر للخضروات داخل هذه البيوت الظروف البيئية التى تناسبها من حيث درجة الحرارة وشدة الإضاءة ، كما تعطى عناية خاصة لبيئة نمو الجذور وتغذية النباتات . وفى الأنواع الحديثة من الصوبات يتم التحكم فى جميع العوامل البيئية ، وتعديلها بما يتناسب مع النمو النباتى لإعطاء أكبر محصول ممكن .

وتعتبر الزراعة المحمية فرعًا متخصصًا من إنتاج الخضروات يختلف عن إنتاجها فى الزراعات المكشوفة ، فنجد أن الطرق المستخدمة فى إنتاج الخضر فى الزراعات المحمية تختلف عن تلك المستخدمة فى الزراعات المكشوفة . وعلى الرغم من ذلك . . فإن أساسيات إنتاج الخضر واحدة فى كلتيهما بصورة عامة ، فيشتركان معًا - من حيث الأساسيات - فى العديد من الأمور ، ويختلفان فى بعضها .

وقد شُرحت الأساسيات العامة وتلك الخاصة بالزراعات المكشوفة فقط فى كتبٍ أخرى (حسن ١٩٩٧ أ ، ١٩٩٧ ب ، ١٩٩٨) . أما فى هذا الكتاب ، فإننا نقدم للقارئ الأساسيات الخاصة بالزراعات المحمية فقط ، بالإضافة إلى طرق زراعة وإنتاج أهم محاصيل الخضر فى الصوبات .

تاريخ الزراعات المحمية

عرفت البيوت الزجاجية منذ عصر الإغريق والرومان ؛ حيث كانت تستخدم فى زراعة نباتات الزينة ، والأشجار ، وغيرها من النباتات التى كانت تجلب من المناطق

الاستوائية ، وشبه الاستوائية . ولكن تطور الزراعات المحمية ظل بطيئا حتى أواخر القرن السابع عشر ؛ حيث أقيم أول بيت زجاجى مدفأ بالماء الساخن فى إنجلترا فى عام ١٦٨٤ . ومع بداية القرن الثامن عشر (عام ١٧٠٥) كانت البيوت الزجاجية تستخدم فى إنجلترا لأجل إنتاج الفاكهة .

وأعقب ذلك انتشار الزراعة فى البيوت الزجاجية فى دول أخرى من العالم حيث أقيم أول بيت زجاجى فى فرنسا فى عام ١٧٥٣ ؛ وفى روسيا فى عام ١٧٦٣ ، وفى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٨٠٠ .

ومع تطوير صناعة البلاستيك فى أعقاب الحرب العالمية الثانية بدأت محاولات استخدامه كبديل للزجاج فى تغطية البيوت المحمية ؛ حيث أقيم أول بيت بلاستيكى - فى الولايات المتحدة الأمريكية - فى عام ١٩٥٢ . وأعقب ذلك تقدم هائل فى إنتاج مختلف النباتات البستانية - وخاصة محاصيل الخضر - فى الزراعات المحمية فى المناطق الباردة من العالـــم ؛ مثل الولايات المتحدة ، وكندا ، وغرب وشمال أوروبا ، وروسيا ، واليابان . وواكب ذلك تقدم مماثل فى أنواع الأغطية المستعملة للبيوت المحمية ، وفى تكنولوجيا إنتاج مختلف المحاصيل الزراعية فيها وخدمتها .

وقد حدث كل هذا التقدم والانتشار فى الزراعات المحمية ؛ بهدف إنتاج نباتات المواسم الدافئة أو الحارة فى غير مواسمها فى مناطق تتميز بشتاء قارس البرودة إلى درجة لاتسمح بإنتاج تلك المحاصيل فيها على مدار العام . ومن دول غرب أوروبا التى تقع شمال البحر الأبيض المتوسط امتد انتشار الزراعات المحمية - فى البيوت البلاستيكية - إلى دول غرب أفريقيا العربية التى تقع جنوب البحر الأبيض المتوسط ، خاصة الجزائر والمغرب .

أما الإنتاج التجارى للخضر فى البيوت المحمية المبردة - بهدف استمرار إنتاجها خلال المواسم الشديدة الحرارة - فقد بدأ فى منطقة الخليج العربى فى بداية السبعينيات ، ثم انتشر فيها كثيراً منذ ذلك الحين . وما زالت تلك المنطقة تحتل المرتبة الأولى من حيث مساحة البيوت المحمية المبردة .

وفى مصر . . بدأ إنتاج الخضر فى البيوت البلاستيكية فى عام ١٩٧٩ على مساحة فدانٍ واحدٍ فى مزرعة قها (التابعة لمعهد البساتين بمركز البحوث الزراعية) بمحافظة القليوبية ، زيدت إلى مساحة خمسة أفدنةٍ فى عام ١٩٨٠ ، وذلك ضمن برنامجٍ بحثيٍّ أجرى بدعم من البنك الدولى ؛ بهدف تجربة الزراعات المحمية فى مصر . وقد كانت تلك المزرعة الرائدة هى الأساس الذى انتشرت منه الزراعات المحمية فى مصر .

مساحة الزراعات المحمية

كانت مساحات الزراعات المحمية من أهم المحاصيل فى كلٍّ من دول غرب أوروبا والمملكة المتحدة على النحو التالى بالهكتار (عن Gould ١٩٨٧) :

المحصول	غرب أوروبا	المملكة المتحدة
الطماطم	١٧٠٠٠	٤٩٥(ب)
الخيار	٤٥٠٠	٢٣٤(ب)
الفلفل	٦٨٠٠	٧٢
الخس	٥٠٠٠	١٦٢١
الأقحوان (الكريزانثيمم)	–	٩٤

وفى العالم العربى . . كانت مساحات الزراعة المحمية بالهكتار فى موسمى ١٩٨٥ ، و١٩٩٥ ، كما يلى :

الدولة	١٩٨٥ (أ)	١٩٩٥ (ب)
الجزائر	٣٥٠٠	٥٥٠٠
تونس	١٢٠٠	–
الأردن	١٢٠٠	١١٤٨
لبنان	١٢٠٠	٥٤٩
المغرب	١٠٠٠	٧٧٠٠
السعودية	٥٠٠	–
الكويت	١٥٠	٤٠٠
مصر	١٥٠	١١٣٤٠

الدولة	١٩٨٥ (أ)	١٩٩٥ (ب)
سوريا	٥٠	١٩١٥
الإمارات	٢٥	١٩٦
البحرين	٥	٥٤
قطر	٥	٦٤
عمان	٥	–
العراق	–	٢٩٩٤١
لبنان	–	٥٤٩
ليبيا	–	٢٠٠٠

(أ) المصدر : مشروع الزراعات المحمية – مركز البحوث الزراعية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى (١٩٩٢).

(ب) المصدر : المنظمة العربية للتنمية الزراعية – جامعة الدول العربية (١٩٩٥) .

– : البيانات غير متوفرة .

والغالبية العظمى من الزراعات المحمية فى الدول العربية هى فى بيوت أو أنفاق بلاستيكية ، بينما لا توجد سوى مساحات بسيطة من البيوت الزجاجية تقدر بنحو ٢٠٠ هكتار فى ليبيا ، و٧٥ هكتاراً فى العراق ، و٦ هكتارات فى الإمارات ، و٠,٣ هكتاراً فى قطر .

وتشكل الأنفاق المنخفضة نحو ٩٢,٦ ٪ من إجمالى الزراعات المحمية فى مصر ، و٩٩,٤ ٪ فى العراق ، بينما تشكل البيوت المحمية معظم المساحات المتبقية من الزراعات المحمية فى العالم العربى .

وقد ازدات – تدريجيًا – مساحة الزراعات المحمية فى مصر إلى أن وصلت فى موسم ٩٠ / ١٩٩١ إلى نحو ٨١٠ هكتاراً موزعة على حوالى ١٥٠٠٠ صوبة بلاستيكية . ويوضح جدول (١ – ١) تطور أعداد الصوبات المستعملة فى الزراعات المحمية فيما بين عامى ١٩٨٧ ، و١٩٩١ فى مختلف محافظات مصر .

ويتبين من الجدول أن أكثر المحافظات فى أعداد الصوبات فى موسم ٩٠ / ١٩٩١ هى : البحيرة ، والإسماعيلية ، والشرقية ، والقليوبية ، والجيزة ؛ حيث اشتملت

جدول (١ - ١) : أعداد البيوت المحمية (الصوبات) فى محافظات مصر فى موسم ٩٠ / ١٩٩١ ، مقارنة بموسم ٨٧ / ١٩٨٨ (عن مشروع الزراعات المحمية - مركز البحوث الزراعية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢) .

المحافظة	موسم ٨٧ / ١٩٨٨		موسم ٩٠ / ١٩٩١	
	العدد	النسبة المئوية	العدد	النسبة المئوية
مرسى مطروح	٢٥٥	٤,٦	١٣٤	١
الإسكندرية	١٥٥	٣,٢	٢١٧	١,٤
البحيرة	٨١١	١٦,٦	٦٨٣٠	٤٥,٥
دمياط	١١	٠,٢	٣٣	٠,٢
بورسعيد	٨	٠,٢	١٥٦	٠,١
الإسماعيلية	١٠٠٩	٢٠,٧	٢٤٣٥	١٦,٢
الوادى الجديد	٤	٠,١	٥	٠,١
الشرقية	٢٦٤	٥,٤	١٠٣٠	٧,٠
الغربية	٨٩	١,٨	٤٠	٠,٣
كفر الشيخ	٣١	٠,٦	٤٦	٠,٣
الدقهلية	٣٧٢	٧,٦	٤٨٩	٣,٣
المنوفية	٦١	١,٣	١٠٠	١,٠
القليوبية	٣٣٩	٦,٩	١٠٠٠	٧,٠
الجيزة	٤٩٣	١٠,١	٩٤٢	٦,٣
بنى سويف	٢١٩	٤,٥	٢٩٩	٢,٠
الفيوم	١٣٤	٢,٧	٣٣٠	٢,٠
المنيا	٢١١	٤,٣	٥٥	٠,٤
أسيوط	٢٣	٠,٥	٢٥	٠,٢
سوهاج	-	-	١٥	٠,١
قنا	-	-	٧	٠,١
البحر الأحمر	١١	٠,٢	١٠٠	٠,٧
جنوب سيناء	٤٠	٠,٨	٣٣	٠,٢
شمال سيناء	١١٤	٢,٣	٣٢٩	٢,٢
القاهرة	٢٥٣	٥,٢	٣٣٨	١,٦
السويس	٢	٠,١	٤٠	٠,٢
مواقع متنوعة أخرى	-	-	١٠٠	٠,٧
إجمالى الجمهورية	٤٨٧٩	١٠٠	١٥٠١٨	١٠٠

على نحو ٤٥,٥٪ ، و١٦,٢٪ و٧٪ ،و٧٪، و٦,٣٪ من الصوبات على مستوى الدولة - على التوالى - بإجمالى قدره ٨٢٪ من عدد الصوبات فى مصر .

ويبدو - من الدراسات التى أجريت على عيناتٍ عشوائيةٍ من حائزى الصوبات فى بعض محافظات الدولة - أن نحو ٥٠٪ من هذه الصوبات مُقامة فى أراضٍ رملية ، ونحو ٣٠٪ أخرى مُقامة على أراضٍ طميية (صفراء) ، بينما أنشئت الـ ٢٠٪ المتبقية من الصوبات على أراضٍ طينيةٍ ثقيلةٍ .

وفى ذلك الموسم (موسم ٩٠ / ١٩٩١) كان توزيع الصوبات على مختلف المحاصيل الزراعية على النحو التالى :

المحصول	النسبة المئوية من إجمالى الصوب
الخيار	٤٧,٥
الفلفل	٢٧,٨
الطماطم	١٣,١
القاوون (الكانتلوب)	٧,٩
الفاصوليا	١,٥
شتلات الطماطم	٠,٤
شتلات الموز والموالح والزيتون	١,١
نباتات الزينة	٠,٧

اقتصاديات الزراعة المحمية

العوامل العامة المؤثرة على العائد الاستثمارى

يحقق إنتاج الخضر فى الزراعات المحمية عائدًا اقتصاديًّا مجزيًا للمستثمرين فيها ، على الرغم من أن تكلفة إنتاج الخضر فى الصوبات تزيد على تكلفة إنتاجها فى الحقول المكشوفة . وترجع هذه الزيادة بالدرجة الأولى إلى ضخامة رأس المال المستثمر فى إنشاء الصوبات ، بالإضافة إلى مصاريف تشغيلها وصيانتها .

ويتوقف مقدار الزيادة فى تكلفة الإنتاج والعائد الذى يمكن أن يتحقق من الزراعات المحمية على العوامل التالية :

١ - عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى الوقت الواحد ؛ أى مساحة البيوت المحمية .

٢ - حجم الصوبات المستخدمة .

٣ - نوع الهيكل الذى تصنع منه الصوبات (الخشب - الحديد - الألومنيوم - مواسير المياه المجلفنة) .

٤ - نوع الغطاء المستخدم (الزجاج - الألياف الزجاجية Fiber glass - رقائق البلاستيك) .

٥ - مدى توفر أجهزة التبريد والتدفئة ، ومدى الحاجة إليهما .

٦ - درجة التحكم الآلى فى الأجهزة المختلفة بالصوبات .

٧ - المحاصيل والأصناف المزروعة .

٨ - موسم الإِنتاج ، ومقدار المنافسة التى يتعرض لها المحصول المنتج من الزراعات المكشوفة .

٩ - مدى الاحتياج إلى المحصول المنتج فى الأسواق الخارجية للتصدير .

وعلى الرغم من كل هذه العوامل ، فإن الزراعات المحمية تكون ضرورة لا غنى عنها تحت الظروف التالية :

١ - فى المناطق الباردة (شمال خط عرض ٣٥ شمالا ، وجنوب خط عرض ٣٥ جنوبا) خلال فصل الشتاء بهذه المناطق ؛ حيث يستفاد من التدفئة الصناعية بالبيوت المحمية فى إنتاج الخضر فى فترةٍ يستحيل خلالها إنتاج الخضر فى الزراعات المكشوفة .

٢ - فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا ، كما فى دول الخليج العربى ، حيث تستخدم البيوت المُبّردة فى إنتاج بعض محاصيل الخضر التى يستحيل إنتاجها خلال الفترة نفسها فى الزراعات المكشوفة .

أما فى المناطق المعتدلة - كمصر والدول ذات الظروف الجوية المشابهة - فإنه يمكن الاستفادة من الغلة العالية لوحدة المساحة من الزراعات المحمية فى تحقيق عائدٍ أكبر

يزيد كثيراً عما يمكن تحقيقه فى الزراعات المكشوفة إذا ما أخذت العوامل السابقة جميعها فى الحسبان .

ونلقى - فيما يلى - مزيداً من الضوء على بعض العوامل المذكورة أعلاه .

حجم الصوبات المستعملة والمحاصيل المزروعة فيها

يرى Nassar & Crandall (١٩٨٧) ضرورة تنويع المحاصيل المزروعة بغرض توزيع تكاليف الزراعة على أكثر من محصول ، وكذلك تنويع مصادر الدخل ، وفى ذلك نوع من الضمان والأمان فى حالة فشل الزراعة لأحد المحاصيل . ويتطلب ذلك زراعة أكثر من صوبة ، كما يتطلب إنشاء أكثر من نوع من الصوبات ليناسب كل محصول .

فتقام الأنفاق الاقتصادية (٤ × ٤٠ متراً بارتفاع مترين) لإنتاج الفلفل ، والطماطم ، والشمام ، والأنفاق المفردة الكبيرة (٩ × ٥٠ متراً بارتفاع ٣,٢٠ متراً) لإنتاج الخيار ، والشمام . فلا يجوز مثلا إنتاج الفلفل فى الأنفاق المفردة الكبيرة ؛ لأن تكلفة المتر المربع بها تكون أعلى مما يمكن معه استغلالها اقتصادياً بالفلفل . وينطبق الشئ نفسه على الطماطم ؛ لأن أسعارها تكون عادة منخفضة ، وعلى المحاصيل ذات النمو المنخفض مثل الخس ، أما القاوون ، فيمكن إنتاجه بصورة اقتصادية فى كلٍّ من الأنفاق الكبيرة والأنفاق الاقتصادية . ومن جهةٍ أخرى .. لايمكن زراعة الخيار إلا فى الأنفاق المفردة الكبيرة .

ولقد أظهرت دراسة اقتصادية أجرتها المنظمة العربية للتنمية الزرعية على الزراعة المحمية بدولة الكويت ارتفاع العائد من إنتاج الخيار فى ظل كافة أنواع البيوت ، فى حين لم يتحقق ذلك بالنسبة للطماطم إلا فى البيوت البلاستيكية غير المدفأة وغير المبردة، حتى أن فترة استرداد رأس المال تراوحت بين ٢,١ و٣,١ سنة بالنسبة للخيار، فى الوقت الذى تراوحت فيه هذه الفترة بالنسبة للطماطم بين ٨,٥ و١٦ سنة . كما أثبتت الدراسة إمكانية إنتاج الفراولة دون دعم ، أما الباذنجان والفلفل فقد احتاجا إلى الدعم الحكومى لتصبح زراعتهما ذات جدوى اقتصادية للمزراعين (سالم ١٩٨٥) .

التدفئة والتبريد

لا تعد التدفئة ضرورية تحت الظروف المصرية ؛ نظراً لأن الجو لا يكون شديد البرودة ، ولأنها مكلفة للغاية ، فالمتر المربع الواحد من الصوبات المفردة الكبيرة تزيد تكلفته بنحو ٢٥٪ - ٣٠٪ للتدفئة فقط . وهذه الزيادة الكبيرة فى تكلفة الإنتاج لاتغطيها الزيادة التى تحدث فى المحصول - والتى تكون فى حدود ١٦٪ فى الخيار ، ونحو ١٠٪ فى القاوون - إلا إذا كانت هناك تعاقدات سابقة لتوريد محصول مرتفع الثمن فى وقتٍ معينٍ من السنة يقل فيه الإنتاج بسبب انخفاض درجة الحرارة ، كما هى الحال خلال الفترة من ديسمبر إلى فبراير .

كذلك فإن التبريد غير ضرورى تحت الظرف المصرية ؛ نظراً لاعتدال درجة الحرارة صيفًا ، لكن الأمر يتطلب توفير نظام جيد للتهوية يمنع الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة داخل الصوبات .

هذا . . بينما تكون التدفئة ضرورية واقتصادية - وكذلك التبريد - فى المناطق الشديدة البرودة شتاءً أو الشديدة الحرارة صيفًا - على التوالى - نظراً لقلة المعروض من الخضروات ، مع ارتفاع الأسعار - فى مثل هذه الظروف - التى يستحيل فيها إنتاج بعض الخضر فى الحقول المكشوفة .

تكلفة البنية الأساسية

يدخل ضمن تكلفة البنية الأساسية ما يلى :

١ - تكلفة هيكل الصوبات والبلاستيك ، بما فى ذلك التهوية الميكانيكية ، مع مراعاة أهمية إنشاء أنواع مختلفة من الصوبات ؛ نظراً لضرورة تنويع المحاصيل المزروعة من ناحيةٍ ، ولأن بعض المحاصيل لا تكون زراعتها اقتصادية فى أنواعٍ معينة من الصوبات من ناحيةٍ أخرى .

٢ - تكلفة نظام الرى :

يكون الرى فى الزراعات المحمية - عادة - بطريقة التنقيط ، بالإضافة إلى الحاجة إلى نظام الرى بالضباب من أعلى النباتات فى ظروفٍ خاصة . هذا . . وتبلغ تكلفة

المتر المربع الواحد لنظام الرى بالتنقيط - عند إقامة شبكة الرى على مساحة خمسة أفدنة - نحو ٦٠٪ من تكلفة المتر المربع عند إقامة الشبكة على مساحة فدانٍ واحدٍ .

٣ - تكلفة المعدات ؛ مثل : الجرار ، والمحاريث ، وخزان (تانك) المبيدات .

٤ - تكلفة مبنى الإدارة والمخازن وخزان المياه (تؤخذ تكلفة خزان المياه فى الحسبان عند الاعتماد على ماء النيل ؛ نظراً لضرورة تخزين المياه قبل السدة الشتوية . أما عند الاعتماد على المياه الجوفية ، فلا حاجة إلى خزان المياه) .

تكلفة المساحات المساعدة

يجب - كما سبق الذكر - توفير مساحة إضافية مزودة بنظام الرى بالتنقيط لتغطيتها بالأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، وزراعتها بالطماطم أو غيرها من المحاصيل .

كما يجب تزويد المساحات بين الصوبات بخطوط الرى بالتنقيط ؛ حيث تتوفر بهذه المساحات حماية جزئية ، ويمكن زراعتها بالطماطم التى يكون إنتاجها داخل الصوبات غير اقتصادى ، حتى لو وصل الإنتاج إلى ٧٠ - ٨٠ طنًا للفدان ؛ وذلك بسبب انخفاض سعر الطماطم .

الأصناف التى تزرع فى الصوبات

لا تزرع بالصوبات عادة إلا أصناف خاصة من الخضروات ، معظمها من الهجن ذات الإنتاجية العالية . وعلى الرغم من أن هذه الهجن تكون مرتفعة الثمن بدرجة كبيرة ، فإنه يشيع استخدامها فى الزراعات المحمية للأسباب الآتية :

١ - يزيد إنتاج هذه الأصناف داخل البيوت المحمية ، عنه خارجها .

٢ - تؤدى الإنتاجية العالية لهذه الأصناف إلى خفضٍ نسبيٍّ فى تكاليف إنتاج الطن الواحد من المحصول ؛ نظراً لتوزيع تكاليف زراعة المتر المربع الواحد من الصوبة على كميةٍ أكبر من المحصول .

٣ - لا يشكل الثمن المرتفع لتقاوى هذه الأصناف نسبة كبيرة من تكلفة تشغيل المتر المربع من الصوبة ؛ نظراً لارتفاع هذه التكلفة أصلا .

وبالمقارنة . . فإن هذه الأصناف يقل استخدامها فى الزراعات المكشوفة ؛ نظراً لأن ثمن تقاويها يشكل نسبة كبيرة من تكاليف الإنتاج تحت هذه الظروف ، ولأن محصولها - فى الزراعات المكشوفة - لا يزيد كثيراً عن محصول بعض الأصناف الأخرى الأقل تكلفة .

مواسم الإنتاج ، ومدي المنافسة من إنتاج الحقول المكشوفة وإمكان التصدير

يوضح جدول (١ - ٢) مواسم إنتاج محاصيل الصوبات الرئيسية فى مصر من كلٍّ من الحقول المكشوفة ، والزراعات المحمية ، ويتبين منه عدم وجود منافسة حقيقية لإنتاج الزراعات المحمية من إنتاج الحقول المكشوفة ؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة الطلب عليها وارتفاع أسعارها .

جدول (١ - ٢) : مواسم إنتاج محاصيل الصوبات الرئيسية - فى مصر - من كلٍّ من الزراعات المكشوفة والزراعات المحمية .

المحصول	مواسم الإنتاج الرئيسية فى الزراعات	
	المكشوفة	المحمية
الخيار	عروة صيفى : من منتصف أبريل إلى منتصف مايو عروة خريفى : من منتصف أكتوبر إلى منتصف نوفمبر	من ديسمبر إلى آخر أبريل
الفلفل	من نهاية أبريل إلى آخر مايو	من ديسمبر إلى آخر مايو
الطماطم	معظم شهور السنة عدا الفترة من سبتمبر إلى منتصف نوفمبر ، ومن منتصف مارس إلى آخر أبريل	من مارس إلى مايو
القاصوليا	معظم شهور السنة عدا الفترة من منتصف يناير إلى آخر مارس	من يناير إلى مايو
القاوون	من يوليو إلى سبتمبر	من مارس إلى نهاية يونية

ويلاحظ من جدول (١ - ٢) - كذلك - أن فترة الإنتاج الرئيسية من الزراعات

المحمية تتوافق مع مواسم تصدير تلك المحاصيل . فإذا أضفنا إلى ذلك أن نسبة المحصول التى تكون صالحة للتصدير فى الزراعات المحمية تكون أعلى بكثيرٍ مما فى الحقول المكشوفة . . أدركنا أهمية التصدير فى زيادة العائد من الزراعات المحمية ؛ وهو أمر يتطلب عمل تعاقدات سابقة للتصدير .

وقد بلغت نسبة المحصول المصدر من الزراعات المحمية فى مصر فى موسم ٩٠ / ١٩٩١ نحو : ١٩,٨٪ من محصول الخيار ، و٤٦,١٪ من الفلفل ، و٣٠,٤٪ من الطماطم ، و٨١,٣٪ من الفاصوليا ، و١٦,٣٪ من القاوون (عن مشروع الزراعات المحمية - مركز البحوث الزراعية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢ بتصرف) .

تأثير عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آن واحد على تكلفة الإنتاج

قام باسيلى (١٩٨٦) بحساب تكاليف إنشاء وتشغيل وصيانة الصوبات البلاستيكية فى مصر على أساس أسعار ١٩٨٦ ، وعلى أساس أن الصوبة الواحدة التى تبلغ مساحتها ٥٠٠ متر مربع (حوالى ٩ × ٦٠م) تتطلب المكونات المبينة فى جدول (١ - ٣) ، ثم شرع فى حساب التكلفة السنوية للمتر المربع الواحد من الصوبة ، آخذاً فى الحسبان تكاليف الإنشاءات ، وفائدة رأس المال والزراعة والتشغيل والصيانة ، وعلى أساس أن سعر المكونات المتبقية بعد انتهاء عمرها الافتراضى هو ١٠٪ من سعر شرائها ، فوجد أن تكلفة المتر المربع الواحد تتناقص من ١٥,١٥ جنيهًا عند تشغيل صوبةٍ واحدةٍ إلى ٧,٥١ جنيهًا عند تشغيل ١٦ صوبةً فى آنٍ واحدٍ ، كما هو مبين فى جدول (١ - ٤) . ويرجع هذا التناقص إلى أن عديداً من مكونات التكلفة - سواء فى الإنشاءات ، أم فى الزراعة ، أم التشغيل ، أم الصيانة - تبقى ثابتة ، أو تزيد قليلا مع زيادة أعداد الصوبات .

ومما لا شك فيه أن أرقام تكاليف إنشاء الصوبات المبينة أعلاه قد ازدادت كثيراً خلال العقد الماضى ، وأنها سوف تستمر فى الزيادة ، ولكن تبقى أهمية هذه الدراسة فى بيان التكلفة النسبية للمتر المربع الواحد باختلاف عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آنٍ واحد .

جدول (١ - ٣) : المكونات اللازمة للصوبة البلاستيكية الواحدة وتكلفتها (حسب أسعار ١٩٨٦) وعمرها الافتراضى .

المحصول	التكلفة (جنيه مصرى)	العمر الافتراضى (سنة)
الهيكل الحديدى المجلفن (قطر المواسير ١,٥ - ٢ بوصة)	٣٥٠٠	٧
الأبواب والشبابيك	٧٠٠	٥
الغطاء البلاستيكى (١/٤ طن)	٧٥٠	٢ - ٣
الرى الداخلى (مواسير ونقاطات)	٢٥٠	٥
معدات الرى (مرشحات ، خزانات ، طلمبات . . . إلخ)	٦٠٠	٦
منشآت (مخزن ومأوى)	٥٠٠٠	٢٠

جدول (١ - ٤) : تأثير عدد الصوبات التى يتم تشغيلها في آنٍ واحدٍ على التكلفة السنوية للمتر المربع .

عدد الصوبات التى يتم تشغيلها فى آنٍ واحدٍ (مساحة ٥٠٠ مترٍ مربعٍ لكلٍّ منها)	التكلفة السنوية للمتر المربع (جنيه مصرى)
١	١٥,١٥
٢	١٠,٠٤
٨	٨,٥٤
١٦	٧,٥١

ويرى Nassar & Crandall (١٩٨٧) أن تكلفة الإنتاج للمتر المربع الواحد من الصوبات البلاستيكية يصل عند تشغيل صوبةٍ واحدةٍ إلى نحو ٢٠ مثل ما يصل إليه عند تشغيل ٤٠ صوبة فى آنٍ واحدٍ ؛ أى عند زراعة حوالى خمسة أفدنةٍ (أى ٢,١ هكتاراً) من البيوت المحمية ؛ وبذلك . . فإن أقل مساحة يمكن زراعتها بأكبر عائدٍ ممكنٍ هى خمسة أفدنةٍ من الصوبات ؛ على أن يكون ذلك مصاحبًا بمساحةٍ إضافيةٍ مزودةٍ بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة فى الجو البارد، وعلى أن تكون المساحة المخصصة للأنواع المختلفة من الصوبات والأنفاق موزعةً على الوجه التالى :

١ - تنشأ الصوبات المفردة single tunnels الكبيرة (أبعاد ٩ × ٥٠ مترًا ، وبارتفاع ٣,٢ مترًا) على ثلث المساحة المخصصة للصوبات .

٢ - تنشأ الصوبات الاقتصادية economic tunnels ، أو walking tunnels الصغيرة (أبعاد ٤ × ٤٠ متراً ، وبارتفاع مترين) على ثلثى المساحة المخصصة للصوبات .

٣ - تخصص صوبة واحدة أو صوبتان من الصوبات الاقتصادية لاستعمالها كمشاتل ، وهذه تُغَطَّى صيفًا بشباك التظليل .

٤ - تبلغ المساحة الإضافية المزودة بنظام الرى بالتنقيط لزراعتها تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة نحو ثلثى المساحة الإجمالية المخصصة للصوبات .

معدلات إنتاج الخضر فى الصوبات

تتضاعف إنتاجية وحدة المساحة من محاصيل الخضر المختلفة عدة مراتٍ فى الزراعات المحمية ، بالمقارنة بالإنتاجية فى الحقول المكشوفة . ويتوقف ذلك على المحصول المزروع ، وعدد مراتٍ زراعته فى المساحة نفسها تحت نظامى الزراعة المحمية والمكشوفة .

ويوضح جدول (١ - ٥) مقارنةً بين إنتاجية عددٍ من الخضروات فى الصوبات بإنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة . وعلى الرغم من أن الأرقام الخاصة بالزراعات المحمية فى الجدول هى متوسط لعدد من المزارع المائية داخل الصوبات بأريزونا ، إلا أنها لا تختلف كثيراً عن إنتاجية الخضر المحمية المزروعة فى الأرض مباشرة .

وللمقارنة . . أوردنا جدول (١ - ٦) الذى يُبيّن متوسط إنتاجية الخيار والطماطم فى الزراعات المحمية بدولة الإمارات العربية المتحدة ، والذى يبقى فيه المحصول بالأرض أربعة أشهر أو خمسة للخيار والطماطم على التالى . ويتضح من هذا الجدول أن متوسط إنتاجية الفدان الواحد فى الزراعات المحمية بين ٥٠ طنًا و٧١ طنًا فى الخيار ، ومن ٤٤ - ٥٢ طنًا فى الطماطم ، وهو بلا شك يزيد كثيراً عن متوسط إنتاجية هذه المحاصيل فى الحقول المكشوفة . وقد تعمدنا وضع خط تحت كلمة متوسط حتى تكون المقارنة سليمة ، فلا تنبغى مقارنة متوسطات الإنتاج فى أىٍ من طريقتى الزراعة بأرقام الإنتاج القياسية فى الطريقة الأخرى .

جدول (١ - ٥) : إنتاجية عدد من الخضروات فى الزراعات المحمية بالمقارنة بإنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة (عن Collins & Jensen ١٩٨٣) .

الخضر	المحصول الكلى فى الحقول المكشوفة(أ) (طن/ هكتار/ سنة)	الإنتاج فى الزراعات المحمية: المحصول فى الزرعة الواحدة (طن / هكتار)	عدد الزراعات فى السنة	المحصول الكلى (طن/ هكتار/ سنة)
البروكولى	١٠,٥	٣٢,٥	٣	٩٧,٥
الفاصوليا	٦,٠	١١,٥	٤	٤٦,٠
الكرنب	٣٠,٠	٥٧,٥	٣	١٧٢,٥
الكرنب الصيفى	-	٥٠,٠	٤	٢٠٠,٠
الخيار	٣٠,٠	٢٥٠,٠	٣	٧٥٠,٠
الباذنجان	٢٠,٠	٢٨,٠	٢	٥٦,٠
الخس (ب)	٥٢,٠	٣١,٣	١٠	٣١٣,٠
الفلفل	١٦,٠	٣٢,٠	٣	٩٦,٠
الطماطم	١٠٠,٠	١٨٧,٥	٢	٣٧٥,٠

(أ) الأرقام المبينة هى متوسط إنتاجية هذه المحاصيل فى الحقول المكشوفة بالولايات المتحدة الأمريكية .

الهكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع = ٢,٣٨ فدانًا .

(ب) الخس المشار إليه هو من الأصناف الورقية الصغيرة الحجم التى تحصد بعد حوالى خمسة أسابيع من الشتل فى الزراعات المحمية .

جدول (١ - ٦) : إنتاجية الخيار والطماطم فى الزراعات المحمية بدولة الإمارات العربية المتحدة (طن / هكتار) .

المحصول	شركة العين لإنتاج الخضروات (أ): الموسم الشتوى (ب)	شركة العين لإنتاج الخضروات (أ): الموسم الصيفى (جـ)	مركز مزيد التجريبى(أ): الموسم الشتوى (ب)	مركز مزيد التجريبى(أ): الموسم الصيفى (جـ)
الخيار : الأصناف ذات الثمار الطويلة :	١٧٠	١٥٠	١٥٠ (هـ)	أقل قليلا (د)
الأصناف ذات الثمار القصيرة من طرز بيت ألفا :	١٤٠	١٢٠		
الطماطم	١٢٥	١٠٥	١١٠	أقل قليلا

(أ) المصدر : إدارة الموقع فى عام ١٩٨٦ .

(ب) يبدأ الموسم الشتوى فى يناير وينتهى فى يونيو .

(جـ) يبدأ الموسم الصيفى فى يوليو وينتهى فى ديسمبر .

(د) متوسط عام للأصناف الطويلة والقصيرة الثمار .

وبالنسبة لمصر . . يوضح جدول (١ - ٧) معدلات إنتاج الخضر الرئيسية فى الزراعة المحمية فى موسم ٩٠ / ١٩٩١ بعدد من صوبات القطاع الخاص فى مصر، مقارنة بالإنتاج فى الحقول المكشوفة.

جدول (١-٧): معدلات إنتاج الخضر الرئيسية فى الزراعة المحمية فى عدد من صوبات القطاع الخاص فى مصر خلال موسم ٩٠/ ١٩٩١ ، مقارنةً بالإنتاج فى الحقول المكشوفة (عن مشروع الزراعة المحمية - مركز البحوث الزراعية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢ بتصرف).

المحصول	النسبة المئوية للمساحة المزروعة فى الصوبات إلى المساحة الكلية (مكشوفة وصوبات)	النسبة المئوية للإنتاج فى الصوبات إلى الإنتاج الكلى (صوبات ومكشوف)	محصول المتر المربع (كجم) فى الصوبات
الخيار	٢,٥	٩,٣	٧,٥٢
الفلفل	١,٥	٤,٨	٦,٤١
الطماطم	٠,١	٠,٢٧	١١,٥٠
الفاصوليا	٠,١	٠,٢٠	٢,٠٣
القاوون	١,٢	٣,٠٠	٤,٠٢

يتبين من الجدول أن إنتاج الصوبات من مختلف محاصيل الخضر فى مصر لايشكل سوى نسبةٍ ضئيلةٍ من الإنتاج الكلى ؛ فقد تراوحت هذه النسبة بين ٠,٢٪ فى الفاصوليا و٩,٣٪ فى الخيار ، إلا أن نسبة المساحة المزروعة من تلك المحاصيل فى الصوبات إلى المساحة الكلية المزروعة منها كانت أكثر تواضعًا ؛ حيث تراوحت بين ٠,١٪ فى الفاصوليا و٢,٥٪ فى الخيار . وتعد أرقام الإنتاج فى المتر المربع فى الصوبات (المبينة فى العمود الأخير من الجدول) عالية جدًّا إذا قورنت بالإنتاج فى الحقول المكشوفة ، وهو ما يظهر بصورةٍ أفضل فى جدول (١ - ٨) عن المصدر نفسه .

أهمية الزراعة المحمية كوسيلةٍ للتوسع الرأسى فى إنتاج الخضر

لا تشكل الزراعة المحمية سوى نسبةٍ ضئيلةٍ للغايةِ من إجمالى المساحة المخصصة لإنتاج الخضروات على مستوى العالم ؛ وبذا . . فإنها لم تلعب - حتى الآن - دورًا بارزًا فى إنتاج الخضر عالميًّا . ولا شك أن ذلك يرجع إلى العاملين التاليين :

جدول (١ - ٨) : إنتاج فدان الصوبات فى مصر من الخضر الرئيسية ؛ مقارنةً بإنتاجها فى الحقول المكشوفة خلال موسم ٩٠ / ١٩٩١ .

المحصول	محصول الفدان (طن)		الزيادة فى الإنتاجية (٪)	نسبة إنتاجية الصوب : إنتاجية الحقل المكشوف
	الحقل المكشوف	الصوبات		
الخيار	٦,١٧	٢٨,٤	٣٦٠,٣	٥ : ١
الفلفل	٦,٧٥	٢٤,٢	٢٥٨,٥	٤ : ١
الطماطم	١٢,٩٣	٤٣,٥	٢٣٦,٥	٣,٥ : ١
القاوون	٧,٦٤	٢٠,٨	١٧٢,٣	٣ : ١
الفاصوليا	٤,٠١	٧,٧	٩٢,٠	٢ : ١

١ - عدم مناسبة نظام الزراعة المحمية لإِنتاج عديدٍ من الخضروات الهامة ؛ مثل : الخضر الجذرية ، والدرنية ، والبصلية وغيرها .

٢ - تَوَفُّر المناخ المناسب والأرض الصالحة لزراعة الخضر فى الحقول المكشوفة فى عددٍ كبيرٍ من دول العالم .

فإذا أخذنا هذين العاملين فى الحسبان ، فإنه يمكن القول بأن الزراعة المحمية يمكن أن تلعب دورًا بارزًا فى مجال التوسع الرأسى فى بعض الخضروات فى بعض الدول . ومن أهم الخضروات التى تحقق نجاحًا كبيرًا فى الزراعات المحمية : الخيار، والفلفل ، والفاصوليا ، والطماطم ، والقاوون ؛ وهى الخضروات التى يمكن القول بأنها تشغل حاليًا الغالبية العظمى من المساحات المزروعة داخل الصوبات . أما أنسب المناطق للتوسع فى الزراعات المحمية ، فهى بلا شك تلك التى لا يتوفر فيها المناخ المناسب أو التربة الصالحة للزراعة ؛ حيث تقل إنتاجية الخضر فيها كثيرًا فى الزراعات المكشوفة .

أما على مستوى الأفراد أو الشركات ، فإن الزراعة المحمية يمكن أن تحقق عائدًا مجزيًا حتى فى المناطق التى تتوفر فيها الظروف البيئية المناسبة لإِنتاج الخضر . فقد رأينا كيف أن إنتاجية الخضر فى الزراعات المحمية تزيد عدة أضعاف عن إنتاجيتها فى الزراعات المكشوفة ؛ وبذلك يمكن أن تسهم الزراعة المحمية - فى مجال التوسع الرأسى - فى إنتاج الخضر على مستوى الدولة ، كما يمكن أن تحقق عائدًا اقتصاديًا مجزيًا للمشتغلين بها إذا توفرت لديهم الخبرة اللازمة ، إذا ما أخذت العوامل التى سبق ذكرها فى الحسبان .

ولا شك أن من أهم الخبرات التى ينبغى توفراها لذلك تلك التى تكون فى مجال التعـرف علـى الآفات ومكافحـتها ؛ لأن بعض الآفات يزيد انتشارها كثيرًا داخل البيوت المحمية ، عن الزراعات المكشوفة ؛ وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية بها أكثر مما فى الجو الخارجى ، لكن ذلك يمكن التغلب عليه بوضع برنامجٍ محكمٍ للوقاية من الآفات قبل انتشار الإِصابة بها .

أما القول بأن الزراعات المحمية يمكن أن تتسبب فى انتشار آفاتٍ لم تكن معروفةً فى الدولة ، فهو قول مردود عليه ؛ لأن هذه الآفات لا يمكنها الانتشار أصلا فى الحقول المكشوفة لعدم ملاءمة الظروف البيئية بها ، فضلا على أنه ليس ثمة أسهل من رفع غطاء الصوبة لتصبح الظروف البيئية بها جزءًا من البيئة المحلية، التى لا تناسب انتشار هذه الآفات .

هذا . . إلا أن الزراعات المحمية تعد مكانًا مناسبًا لبقاء وتكاثر بعض الآفات ومسببات الأمراض خلال فصل الشتاء ، بينما لا يمكنها ذلك فى الحقول المكشوفة ؛ بسبب انخفاض درجة الحرارة وغياب العوائل المناسبة لها . ويترتب على ذلك تبكير ظهور تلك الآفات فى الحقول المكشوفة فى فصل الربيع عن المواعيد العادية لبداية ظهورها ؛ الأمر الذى قد يُسرع من وصولها إلى الحالة الوبائية خلال فصل الصيف .

ويذكر Tognoni & Serra (١٩٩٤) أن الزراعة المحمية تَلْقَى - حاليًا - معارضةً متزايدةً من قِبَل المهتمين بشئون البيئة تحد من الطرق المستخدمة فيها . وتتركز هذه المعارضة وقلق الرأى العام حول المظهر غير الجمالى للبيوت المحمية ، والاستخدام المفرط للأسمدة ، والمبيدات ، والطاقة ، والمواد التى لا تتحلل بيولوجيًا مثل البلاستيك ؛ الأمر الذى يؤدى إلى تلوث البيئة . ويلفت الباحثان الانتباه إلى ضرورة التواؤم بين الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية المحدودة وبين الهدف الأول للمهتمين بالزراعات المحمية ، وهو الحصول على أعلى محصول من وحدة المساحة ، وذلك فى حدود الإنتاج الاقتصادى للمحاصيل المزروعة .

كما يتناول Tiessen (١٩٨٩) كيفية استخدام الطاقة غير المستفاد منها - والتى تتخلف عن النشاط الصناعى - فى الزراعات المحمية .

الفصل الثانى

إنشاء البيوت المحمية

يطلق اسم البيوت المحمية أو الصوبات green houses على المنشآت المستخدمة فى زراعة النباتات لحمايتها من الظروف البيئية غير المناسبة . ويشترط فى هذه المنشآت أن تكون أسقفها مرتفعةً بما يكفى للسير داخلها ؛ وبذلك فإنها تُميز عن الأحواض المدفأة والباردة ، والأنفاق المنخفضة low tunnels .

وتختلف البيوت المحمية فى أشكالها وفى المواد التى يصنع منها هيكلها والأغطية التى تستخدم فيها ، وقد تكون مدفأة أو غير مدفأة ، كما قد تكون مزودة أو غير مزودة بأجهزة التبريد ووسائل التحكم فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى جو البيت. هذا هو التعريف المعروف للبيوت المحمية فى الولايات المتحدة ، وهو نفسه التعريف المستخدم فى هذا الكتاب .

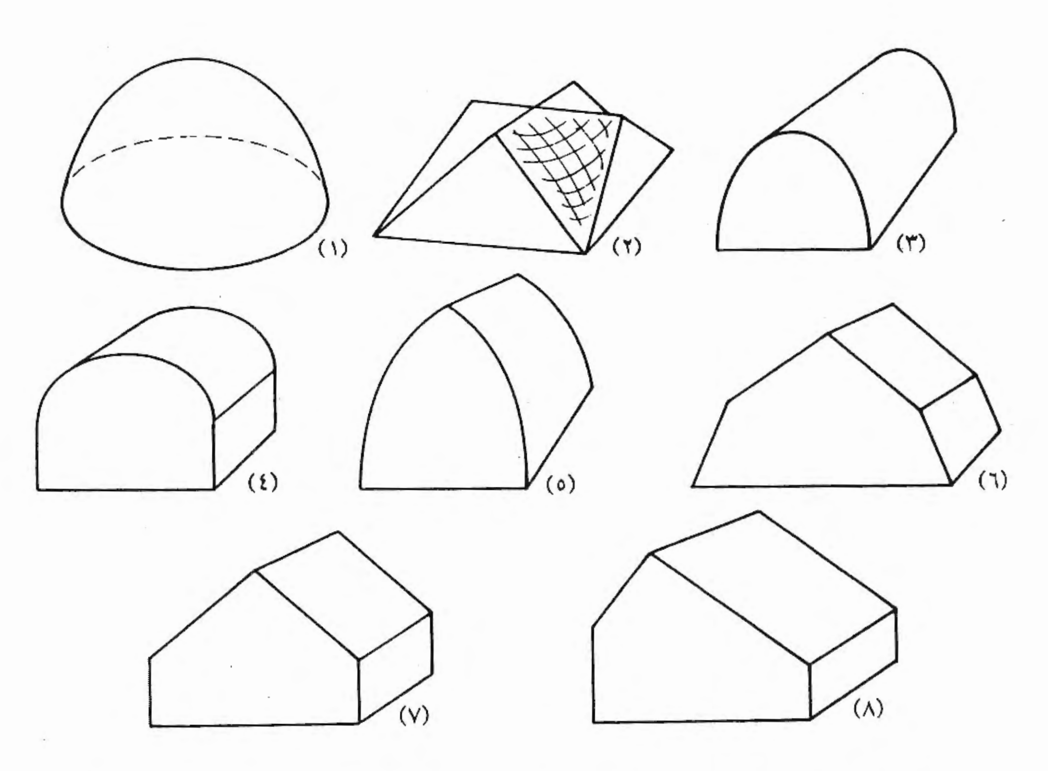
أما فى أوروبا ، فيطلق اسم glass house على المنشآت التى تدفأ صناعيًا ، واسم green house على المنشآت التى لا تدفأ صناعيًا وتلك التى تدفأ قليلا .

هذا .. وقد تكون البيوت المحمية مستقلة أو مفردة single ؛ أى غير متصلة detached ، وقد تكون متصلة connected بعضها ببعض . ويطلق على أية مجموعة من البيوت المحمية المتجاورة - سواء أكانت متصلة ، أم غير متصلة - اسم مجمع بيوت محمية green house range .

أنواع البيوت المحمية

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة

تتعدد الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية بدرجةٍ كبيرةٍ . ويتوقف اختيار الشكل الهندسى المناسب على عددٍ من العوامل ، منها موقع البيت بالنسبة للمبانى المجاورة ، ومدى استواء أو انحدار الأرض المقام عليها البيت ، وشدة الإضاءة فى الجو الخارجى . هذا . . ويؤثر الشكل الهندسى على نوع الهيكل الذى يصنع منه البيت والأغطية التى تستخدم فيه. ومن أهم الأشكال الهندسية المعروفة للبيوت المحمية مرتبة ترتيبًا تنازليًا حسب درجة نفاذيتها لطاقة الإشعاع الشمسى ما يلى (شكل ٢ - ١) :



شكل (٢ - ١) : الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المفردة : ١ - القبة الكروية ٢ - المكافئ الدورانى الزائدى المقطع ٣ - النصف دائرى ٤ - الإهليجى أو النصف دائرى المحور ٥ - العقد القوطى ٦ - السقف السندى ٧ - الجمالونى المتناظر الانحدار ٨ - الجمالونى غير المتناظر الانحدار .

١ - القبة الكروية Spherical dome :

لايستخدم هذا النوع من البيوت المحمية إلا فى المناطق التى يسودها جو ملبد بالغيوم مع إضاءة شمسية ضعيفة فى معظم أيام السنة ؛ حيث يسمح هذا التصميم الهندسى بنفاذ أكبر قدرٍ من أشعة الشمس . وهو لا يصلح إلا للبيوت المفردة .

٢ - الشكل المكافئ الدورانى الزائدى المقطع Hyperbolic poraboloid :

هو كالسابق يسمح بنفاذ نسبة عالية من أشعة الشمس طوال ساعات النهار ، ويستخدم بصفة خاصة فى المناطق البعيدة عن خط الاستواء ؛ حيث تقل شدة الإضاءة كثيراً ، كما لا يستخدم إلا فى البيوت المفردة .

٣ - الشكل النصف أسطوانى Quonset :

يستخدم كسابقيه فى البيوت المفردة فقط ، وهو منفذ لقسط كبيرٍ من أشعة الشمس خلال معظم ساعات النهار . ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعًا فى البيوت البلاستيكية المفردة .

٤ - الشكل الإهليجى Elliptical أو النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

محور من الشكل السابق ، ويشيع استخدامه عند إقامة مجمعٍ من البيوت المحمية المتصلة بعضها ببعض .

٥ - الشكل ذو العقد القوطى Gothic arch :

هو شكل ذو عقد مستدق الرأس .

٦ - الشكل ذو السقف السندى Mansard roof :

بكلٍّ من جانبيه الطوليين منحدران ؛ السفلى منهما أشد انحداراً مــن العلوى ، ولا يصلح إلا للبيوت المفردة .

٧ - الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span :

يصلح للبيوت الزجاجية والبلاستيكية ، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة . ويعد هذا الشكل أكثر الأشكال شيوعًا فى البيوت الزجاجية خاصة .

٨ - الشكل الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable uneven span :

وفيه يكون أحد جانبى السقف أطول من الجانب الآخر . وهو يصلح للبيوت

الزجاجية والبلاستيكية ، سواء أكانت متصلة أم غير متصلة ، لكن لا يشيع استخدامه إلا فى البيوت المقامة على جوانب التلال ، حيث يكون السقف المائل العريض مواجهًا لأشعة الشمس ؛ وذلك للسماح بنفاذ أكبر قدر من الطاقة الضوئية لتحسين الإضاءة والتدفئة .

٩ - الشكل المستند إلى مبنى Lean-to :

يكون هذا النوع من البيوت ملاصقًا لمبنى ، ويكون السقف فيه منحدراً نحو جانب واحد فقط هو الجانب المواجه للشمس ، ويكون عادة صغيراً ، ويستخدم غالبًا فى إنتاج الشتلات (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

الأشكال الهندسية للبيوت المحمية المتصلة

تتكون البيوت المحمية المتصلة connected houses أو multi-span من سلسلة من البيوت المتلاصقة دون وجود فواصل رأسية أو جدران بين بعضها . ويوجد من هذا النوع من البيوت شكلان رئيسيان ؛ هما :

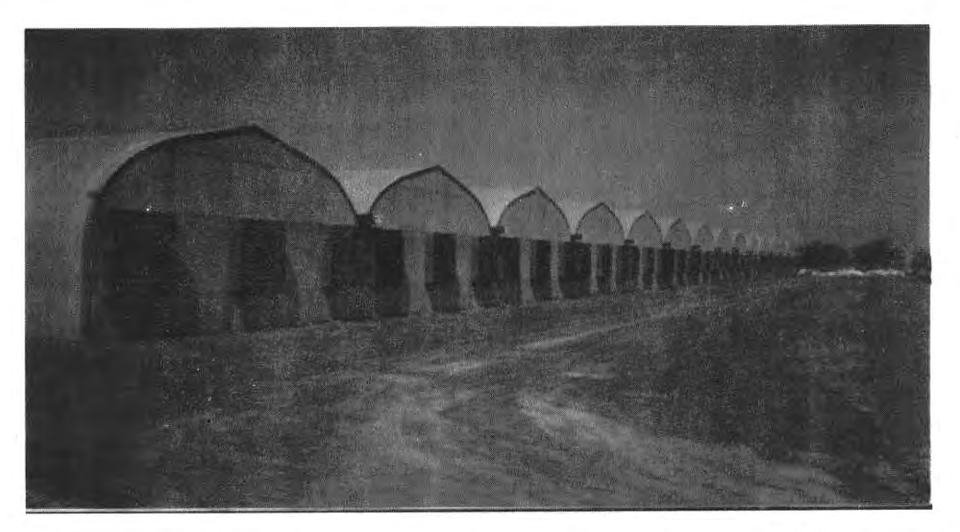
١ - شكل المرتفعات والأخاديد أو الخطوط والقنوات Ridge and furrow :

يتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل النصف اسطوانى المحوّر Modified quonset بالنسبة للبيوت البلاستيكية غالبًا (شكل ٢ - ٢) ، أو الشكل الجمالونى المنتظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span بالنسبة للبيوت الزجاجية غالبًا (شكل ٢ - ٣) .

٢ - شكل سن المنشار saw tooth :

يتكون هذا النوع من البيوت من مجموعة من الصوبات المتجاورة من الشكل الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable uneven span ، ويستخدم غالبًا فى البيوت الزجاجية .

هذا . . ويسمح نظام البيوت المحمية المتصلة بزيادة المساحة الداخلية للبيت ، وهو الأمر الذى يخفض من تكاليف العمليات الزراعية ؛ لأنه يسمح بالميكنة ، كما أنه يقلل



شكل (٢ - ٢) : مجمع من البيوت المحمية المتصلة بنظام الخطوط والقنوات ، والمكون من وحدات من الشكل النصف دائرى المحور ذات سقف غير تام الاستدارة .

من فقد حرارة التدفئة ؛ نظراً لصغر مساحة جدران البيت المعرضة للجو الخارجى ، لكن يعيب مثل هذا النوع من البيوت زيادة المخاطر الناشئة عن الإصابات المرضية ، أو تلك التى تحدث عند تلف الغطاء البلاستيكى أو الزجاجى للبيت ، أو تعطل أجهزة التدفئة أو التبريد ، دون أن يتنبه المشرفون علـى البيت إلى ذلك فى الوقت المناسب (عن Boodley ١٩٨١) .

تقسيم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء

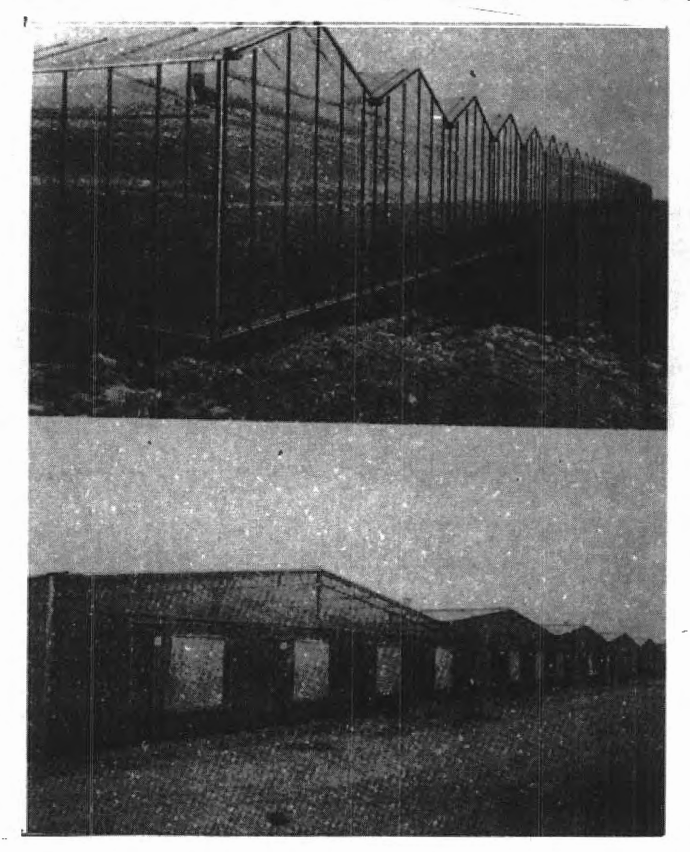
تقسم البيوت المحمية حسب مادة الغطاء إلى نوعين رئيسيين :

١ - البيوت الزجاجية Glass houses :

تستخدم فى إنشائها هياكل من الخشب أو الحديد أو الألومنيوم ، وتغطى بالزجاج . وهى قد تكون :

أ - بيوت بسيطة مفردة .

ب - مجمع من البيوت المتصلة .



شكل (٢ - ٣) : مجمع من البيوت المحمية المتصلة بنظام الخطوط والقنوات ، والمكونة من وحدات من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف .

جـ - بيوت برجية Tour green houses : وهى لا تنشأ إلا بالقرب من المدن الكبيرة ؛ حيث تكون الأرض مرتفعة الثمن ، ولا يمكن استغلال مساحةٍ كبيرةٍ من الأرض فى إقامة الصوبة . وقد قام المهندس النمساوى O. Ruthner بإقامة أول صوبةٍ من هذا النوع فى فيينا سنة ١٩٦٥ .

بلغت المساحة المزروعة فى هذه الصوبة ٢٧٠ م٢ ، بينما لم تشغل الصوبة نَفْسُها سوى مساحة ٣٦ م٢ ، وبلغ ارتفاعها ٢٢,٥ م ، وصمم بداخلها ١٢٥ حوضًا صغيراً بأبعاد ٢,٤ × ٠,٥ م متصلة جميعها كسلسلة ، كل حوض منها مرتفع قليلا عن الآخر، وتتحرك كالسلالم المتحركة ، وتتم دورة كاملة فى البرج خلال ساعةٍ تقريبًا .

وأثناء تحركها تتعرض النباتات للضوء من كل الجهات وبالدرجة نفسها ، فتكون متجانسةً فى النمو . هذا . . وتلزم فى هذا النوع من الصوبات بعض الإضاءة الصناعية فى حالة إنتاج النباتات التى تحتاج إلى إضاءةٍ قويةٍ .

وتتم معظم العمليات الزراعية أسفل الصوبة ؛ حيث ترش النباتات لمكافحة الآفات برشاشاتٍ ثابتةٍ . ويمكن إيقاف الحركة عند وصول كل حوضٍ إلى الموقع السفلى ؛ حيث تجرى العمليات الزراعية المختلفة من ريٍّ وتسميدٍ وخلافه .

وقد أُقيم بالفعل عدد من هذه الصوبات فى النمسا ، وألمانيا ، والنرويج ، والسـويد ، وسويسرا ، وبولندا ، وكندا (Nelson ١٩٧٨) .

٢ ـ البيوت البلاستيكية Plastic houses : تستخدم فى إنشاء هذا النوع من البيوت هياكل من الخشب ، أو الألومنيوم ، أو مواسير المياه المجلفنة ، وتغطى بالبلاستيك ، لكن يتوقف نوع الهيكل على نـوع الغطاء البلاستيكـى المستخـدم . فالهيكل الخشبى لا يستخدم إلا حيث يتوفر الخشب بأسعارٍ زهيدةٍ . وهذه تُغَطَّى بأى نوعٍ من البلاستيك. ويستعمل هيكل الألومنيوم غالباً مع الأغطية المصنوعة من مادة الليف الزجاجى المدعوم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic . أما هياكل المواسير المجلفنة ، فإنها لا تستخـدم عـادةً إلا مع الأغطية البلاستيكية التى يسـهل تشكيلها ؛ مثل شرائح البوليثلين ، والبولى فينيل كلورايد .

وتوجد من البيوت البلاستيكية الأنواع التالية :

(أ) بيوت بسيطة مفردة :

وهذه تكون غالبًا بشكل نصف اسطوانى ، أو بشكل إهليجى ، أو نصف اسطوانى مُحوّر Modified quonset ، لكن يوجد منها بعض الأنواع الأخرى التى سبقت الإشارة إليها .

ويفضل – عند إقامة بيوت بلاستيكية عريضة (بعرض ٢١م مثلا) – أن تكون من النوع الجمالونى غير المتناظر الانحدار على جانبى السقف ، مع جعل السقف ينحدر جهة الجنوب أو الغرب بمقدار ١٨° وجهة الشمال أو الشرق بمقدار ٨° ؛ فذلك أفضل

من السقف المسطح الذى يكون أقل نفاذيةً لأشعة الشمس (Castilla & Lopez - Galvez ١٩٩٤) .

(ب) مجمع من البيوت المتصلة .

(جـ) بيوت بلاستيكية مدعومة بالهواء Air-supported plastic houses أو باختصار : Air bubbles

يعتمد رفع الغطاء البلاستيكى فى هذا النوع من البيوت على الهواء المضغوط ، وهى قليلة الانتشار . وأهم مميزاتها عدم الحاجة إلى هيكل لحمل الغطاء البلاستيكى ، لكن لا تخفى الأخطار المترتبة على توقف التيار الكهربائى ، كما أنها لا تناسب إنتاج الخضر التى تربى رأسيًا ، كالخيار ، والطماطم إلا إذا أُقيمت دعائم خاصة لها ؛ وهو الأمر الذى يقلل من أهمية الميزة الرئيسية لهذا النوع من البيوت .

مقارنة بين البيوت الزجاجية والبيوت البلاستيكية

تتميز البيوت الزجاجية بأنها أقل تأثرًا بالرياح من البيوت البلاستيكية ، وبأنها تحتفظ بالحرارة المشعة من أرض البيت ليلا ، بينما يسمح البوليثيلين بنفاذ نسبةٍ كبيرةٍ منها . ويقابل ذلك تميز البيوت البلاستيكية عن الزجاجية بما يلى :

١ - تبلغ تكاليف إقامة البيت البلاستيكى نحو عُشر تكاليف إقامة بيتٍ زجاجيٍّ ذى مساحةٍ مماثلة .

٢ - يمكن تشكيل هيكل البيت البلاستيكى ليكون ذا مقطعٍ نصف دائريّ Quonset يسمح بنفاذ أكبر قدرٍ من أشعة الشمس ، بينما لا يمكن تحقيق ذلك فى البيوت الزجاجية .

٣ - من السهل نقل البيوت البلاستيكية من مكانها لعمل دورة زراعية ، ولتجنب تكاليف التعقيم .

٤ - الهيكل المستخدم فى البيوت البلاستيكية بسيط ، ولا يحجب جزءًا كبيرًا من أشعة الشمس ، كما فى هياكل البيوت الزجاجية .

٥ - تكون البيوت البلاستيكية محكمة الإغلاق ، بينما تسمح نقط اتصال ألواح الزجاج فى البيوت الزجاجية بتسرب الهواء الدافئ أو دخول الهواء البارد .

٦ - تحتاج البيوت الزجاجية إلى صيانةٍ مستمرةٍ بعد إنشائها ، بينما لا تحتاج البيوت البلاستيكية إلى أكثر من تغيير البلاستيك بعد انقضاء مدة صلاحيته .

٧ - ترتفع درجة حرارة البيت البلاستيكى صيفًا بسرعةٍ أقل مما يحدث فى البيوت الزجاجية (عن عبد الهادى ١٩٧٨) .

الشروط العامة التى تجب مراعاتها عند إنشاء البيوت المحمية

تجب مراعاة عدد من الشروط العامة عند إنشاء البيوت المحمية . وهذه الشروط هى :

اختيار الموقع المناسب لإقامة البيوت

من أهم العوامل التى تجب مراعاتها عند اختيار الموقع المناسب لإِقامة البيوت المحمية ما يلى :

١ - الاستفادة - قدر الإِمكان - من مصدات الرياح المتوفرة ، مع مراعاة عدم تظليل الصوبات بالأشجار العالية أو بالمبانى المجاورة .

٢ - أن يسمح الموقع بوصول سيارات النقل لتوصيل الوقود أو نقل المحصول .

٣ - أن يتوفر بالموقع مصدر جيد لماء الرى تقل فيه الأملاح .

٤ - أن يكون الصرف جيداً بالأرض التى تقام عليها الصوبات ، وتفضل الأراضى الطميية والرملية الطميية .

٥ - أن يسمح الموقع باحتمالات التوسع مستقبلا .

٦ - أن تتوافر الأيدى العاملة بالمنطقة (Sheldrake ١٩٦٩) .

إقامة مصدات الرياح

تعتبر مصدات الرياح ضرورة حتمية عند إنشاء البيوت المحمية . وفى حالة عدم توفر مصدات الرياح الشجرية ، فإنه يمكن استبدالها - ولو مؤقتًا - بمصدات رياح من شباك البوليثلين المنفذ للهواء بنسبة ٥٠٪ ؛ حتى لا يتسبب فى إحداث تقلبات هوائية . ويفيد هذا النوع من الشباك فى إبطاء سرعة الرياح بمقدار ٦٠٪ على امتداد مسافة تبلغ

خمسة أضعاف ارتفاع الشباك ، وبمقدار ٢٠٪ على امتداد مسافة تصل إلى عشرين ضعف ارتفاع الشباك .

هذا . . ويجب أن يكون ارتفاع شباك مصدات الرياح متناسباً مع ارتفاع البيوت . ويكفى للبيوت البلاستيكية استخدام مصدات بارتفاع ١٨٠ - ٢٤٠ سم ؛ نظراً لأنها تعمل على رفع الهواء إلى أعلى قليلا (Anon. ١٩٨٠) .

اختيار الاتجاه المناسب للبيوت

عندما تكون البيوت المحمية مستطيلة الشكل - وتلك هى الغالبية العظمى من البيوت - فإن اتجاه البيت يجب أن يحدد ؛ بحيث يسمح بنفاذ أكبر قدرٍ من أشعة الشمس . وأفضل اتجاه لجميع أنواع البيوت المفردة والمتصلة وفى جميع المناطق وجميع مواسم الزراعة - باستثناء واحد فقط - هو الاتجاه الشمالى الجنوبى . فذلك الاتجاه يسمح بوصول أشعة الشمس من جانبى البيت الطويلين (الشرقى والغربى) طوال ساعات النهار ، كما يسمح ذلك الوضع بتحرك ظل السقف وفتحات التهوية العلوية فى جميع أنحاء البيت أثناء النهار .

أما الاستثناء الوحيد لهذه القاعدة ، فهو بالنسبة للبيوت المفردة التى تستخدم فى الزراعة شتاءً فى المناطق التى تبعد عن خط الاستواء بأكثر من ٤٠° من درجات خطوط العرض . فتحت هذه الظروف يجب أن يكون اتجاه البيت شرقيًا - غربيًا ، حتى يسمح بنفاذ أكبر قدر من أشعة الشمس التى تصل إلى الأرض شتاءً فى هذه المناطق بزاويةٍ منخفضة (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

ويبين جدول (٢ - ١) نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت فى منتصف فصل الصيف ، وفى منتصف فصل الشتاء على خط عرض ٥٠° شمالا . ويتضح من الجدول أن اتجاه البيت ليس له تأثير كبير على نسبة الضوء النافذ صيفًا فى هذه المناطق . أما فى الزراعات الشتوية ، فإن اتجاه البيت يجب أن يكون شرقيًا - غربيًا ، حتى يسمح بنفاذ نسبة عالية من أشعة الشمس التى تسقط على الأرض فى ذلك الوقت بزاويةٍ منخفضةٍ جداً .

جدول (٢ - ١) : تأثير اتجاه البيت على نسبة الضوء النافذ صيفًا وشتاءً عند خط عرض ٥٠ ْ شمالا .

اتجاه البيت	الضـوء النافـذ (٪)	
	في منتصف الصيف	في منتصف الشتاء
شمالى - جنوبى	٦٤	٤٨
شرقى - غربى	٦٦	٧١

إعداد موقع البيت

من الضرورى حراثة وتسوية الأرض جيداً قبل الشروع فى إنشاء البيت مع عمل جميع توصيلات الرى والصرف والكهرباء ، وكذلك توصيلات البخار فى حالة التخطيط لاستخدام البخار فى عمليات التعقيم .

كما تجب مراعاة توسيع مساحة الصوبة - قدر المستطاع - لتحقيق أكبر استفادة ممكنة من المدفأة ومروحة التهوية ، وهما أكثر الأجهزة تكلفةً ؛ وبذلك تقل تكاليف الإنشاء بالنسبة للمتر المربع .

مراعاة مواصفات عامة فى البيوت المنشأة

تجب مراعاة المواصفات العامة التالية عند القيام بإنشاء البيوت المحمية :

١ ـ إذا كـانت البيوت متلاصقة ، فيجب أن يكون سقفها بميلٍ يسمح بتصريف مـاء المطر .

٢ ـ إذا كانت البيوت فى منطقة تكثر فيها الثلوج ، فيجب أن يكون غطاؤها وهيكلها قادرين على تحمل ثقل الثلوج قبل ذوبانها ، أو أن يتبع نظام البيوت المفردة غير المتلاصقة ، مع ترك مسافة مترين بين البيوت المتجاورة لتتجمع فيها الثلوج .

٣ ـ يتراوح عرض البيت الواحد عادة بين ٣,٦ مترًا و٢٤ مترًا ، أما الطول فيتوقف على رغبة المزارع ، لكن يحسن عدم زيادته عن ٦٠ مترًا ؛ حتى لا يضيع وقت العمال فى التنقل داخل البيت .

٤ - يجب أن يكون باب الصوبة واسعًا - قدر الإمكان - ليسمح بدخول الجرارات والآليات الصغيرة لإعداد أرض البيت ، وسيارات الشحن الصغيرة لنقل المحصول . ويفضل أن يكون عرض الباب حوالى ٢٧٠ سم .

٥ - يتوقف التصميم والهيكل المناسبين للبيت على نوع الغطاء المستخدم فيلزم التفكير فى ذلك الأمر أولا ؛ علمًا بأن الأغطية الزجاجية لا تصلح للمناطق التى يكثر فيها البَرَدْ ، ولا تناسب المناطق الحارة ، نظرًا لارتفاع تكلفتها الإنشائية دون أن تحقق مزايا خاصة على البيوت البلاستيكية فى هذه المناطق .

٦ - فى حالة إنشاء مجمع من البيوت المحمية green house range يجب أن تكون مبانى الإدارة والمخازن والثلاجات وأماكن إعداد بيئات الزراعة وعمليات الخدمة العامة فى موقع متوسط يسهل الوصول منه إلى جميع البيوت .

إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس

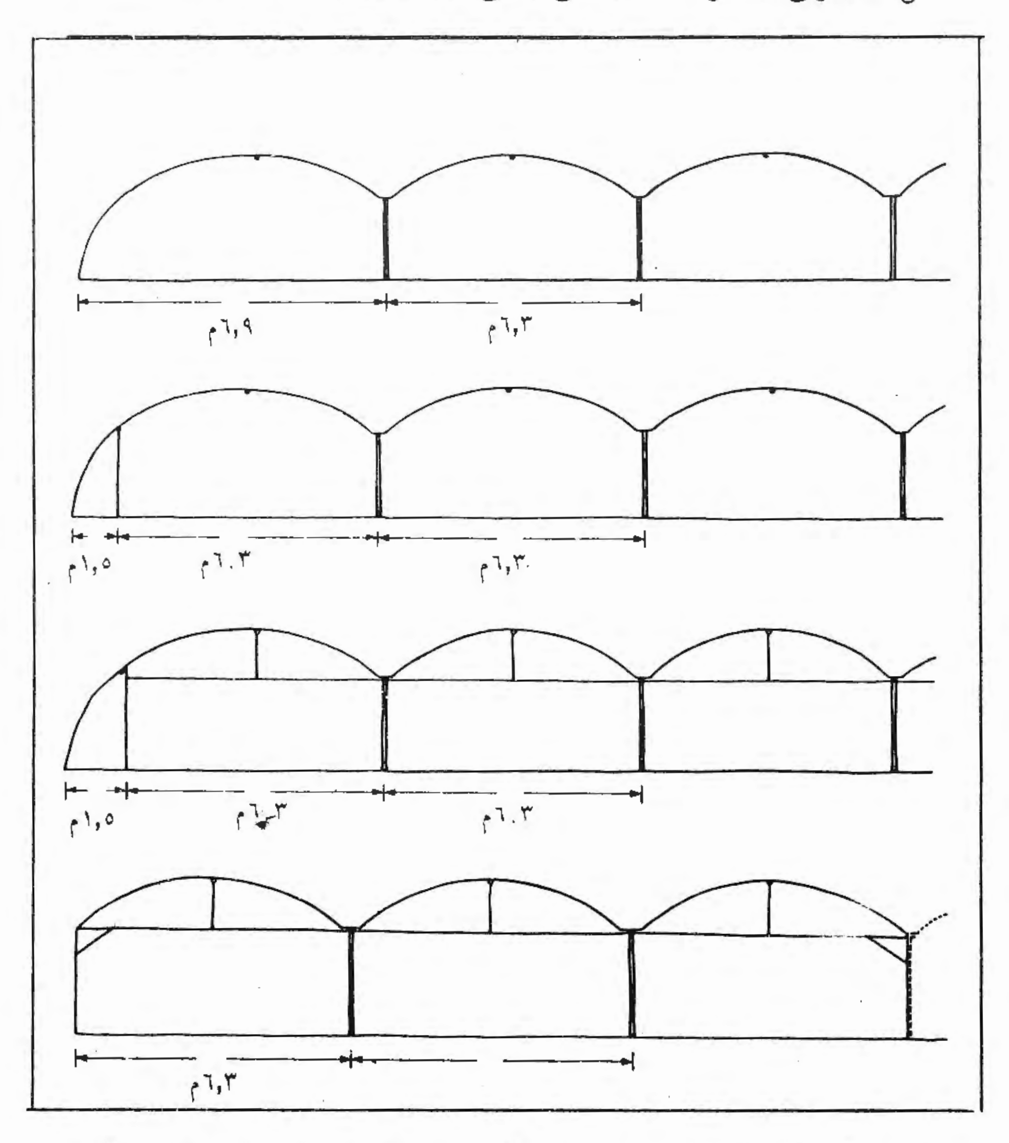
إن إنشاء البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس (أى البيوت المغطاة بالزجاج الليفى المدعم بالبلاستيك Fiberglass reinforced plastic) أصبح صناعة متقدمة تقوم بها شركات متخصصة يصعب على منتج الخضر العادى استيعابها ؛ نظرًا لاعتمادها على قواعد هندسية لا تدخل ضمن اختصاصه . ولهذا . . فإن الخطوات التفصيلية لإنشاء مثل هذه البيوت لا يمكن أن يتضمنها كتاب كهذا يهتم فى المقام الأول بالزراعة وعمليات الخدمة ، واستجابات النباتات لمختلف المؤثرات البيئية ، لكن هذه التفاصيل الإنشائية يمكن الاطلاع عليها بالنسبة لمختلف أنواع البيوت فى المصادر التالية :

١ - المراجع المتخصصة مثل : Mastalerz (١٩٧٧) و Hanan وآخرين (١٩٧٨) و Boodley (١٩٨١) و Nelson (١٩٨٥) .

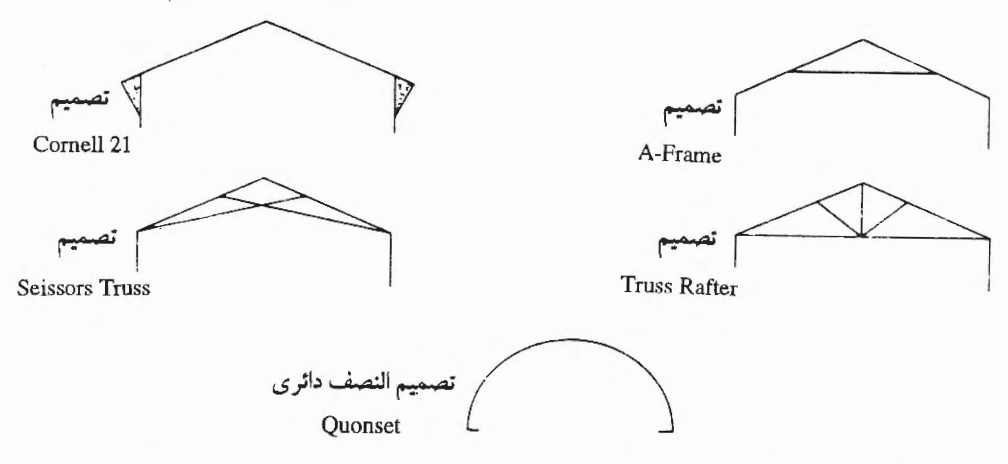
٢ - النشرات والعجالات التى تصدرها الشركات المتخصصة ، علمًا بأن الشركات ترحب عادة بالاستفسارات التى تصل إليها فى هذا الشأن .

وسنكتفى فى هذا الجزء بتقديم بعض الرسوم التخطيطية التى توضح طريقة إقامة الهيكل فى بعض أنواع البيوت المحمية . فيبين شكل (٢ - ٤) مقاطع فى تصاميم مختلفة من بيوتٍ كبيرةٍ على شكل الخطوط والقنوات ذات الأسقف المنحنية Curved ridge and furrow تتكون وحداتها من عددٍ من البيوت الصغيرة بالشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset . وتصلح هذه التصميمات لكلٍّ من بيوت

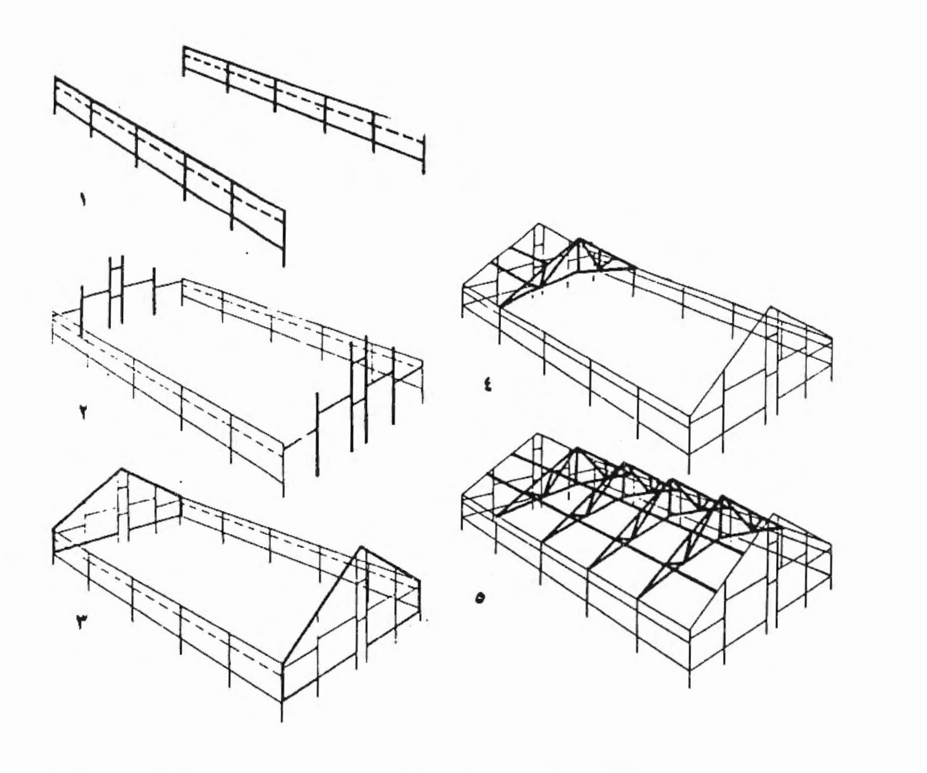
الفيبرجلاس والبيوت البلاستيكية (شركة Fordingbridge Engineering - إنجلترا) . ويبين شكل (٢ - ٥) مقطعًا للهيكل فى بعض أنوع البيوت ، وكيفية توفير الدعم اللازم لسقف البيت . أما شكل (٢ - ٦) ، فيبين خطوات إقامة الهيكل لبيتٍ من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف Gable even span .



شكل (٢ - ٤) : مقاطع فى تصميمات مختلفة لمجمعات من البيوت على شكل الخطوط والقنوات تتكون من وحداتٍ ذات أسقفٍ منحنيةٍ تصلح للتغطية بالبلاستيك أو بالفيبرجلاس .



شكل (٢ - ٥) : مقاطع للهيكل فى بعض أنواع البيوت تبين كيفية توفير الدعم اللازم للسقف .



شكل (٢ - ٦) : خطوات إقامة الهيكل لبيتٍ من الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى السقف .

إنشاء البيوت البلاستيكية

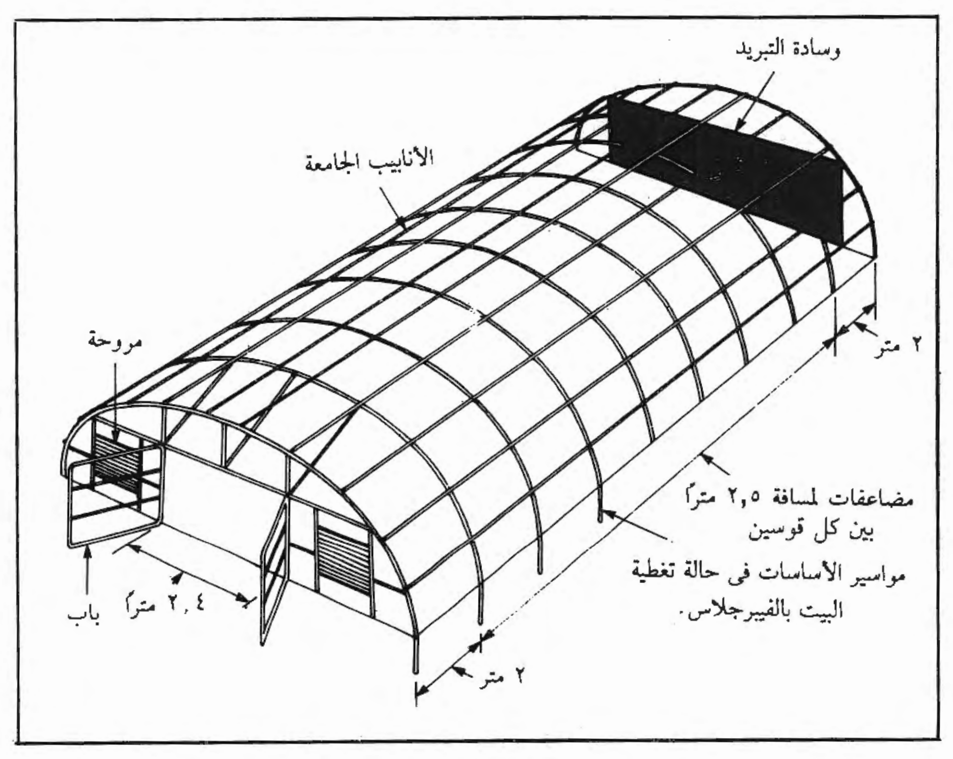
حققت البيوت البلاستيكية نجاحًا كبيرًا فى مجال الزراعة المحمية فى كلٍّ من المناطق الحارة والمناطق المعتدلة البرودة ، ونذكر من هذه المناطق - على سبيل المثال - دول الخليج العربى ، وشمال أفريقيا ، والمناطق المطلة على البحر الأبيض المتوسط من دول جنوب أوروبا . وكما حدث مع البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس فإن بعض أنواع البيوت البلاستيكية قد قَطعت شوطًا متقدمًا فى مجال التصميم الهندسى ؛ الأمر الذى لا يمكن تفصيله فى هذا الكتاب ، ولكن يمكن الاطلاع على ذلك الأمر فى المصادر التى سبقت الإشارة إليها ، وبصفة خاصة فى نشرات وعجالات الشركات المتخصصة ؛ لأن المراجع العلمية التى سبقت الإشارة إليها تهتم أساسًا بالبيوت الزجاجية التى تصلح للمناطق الباردة التى صدرت فيها هذه المراجع .

وكما فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس . . فإن البيوت البلاستيكية قد تتكون من اثنين (double) أو أكثر (multispan) من الأقبية المتصلة معًا والمفتوحة على بعضها البعض ، وقد تكون مفردة (single) . والنوع الأول والثانى قليلا الانتشار فى مصر ، وتقوم بإنشائهما شركات متخصصة . أما البيوت المفردة فهى الأكثر شيوعًا ، ويمكن إتقان إقامتها بقليلٍ من الممارسة .

وعلى الرغم من تعدد أشكال وأنواع البيوت البلاستيكية المفردة ، فإن هيكلها العام يبقى ثابتًا إلى حدٍّ كبيرٍ ؛ حيث يتكون أساسًا من أقواسٍ نصف دائرية من أنابيب المياه المجلفنة من الداخل والخارج ، ويزيد قطر الأنابيب المستخدمة بزيادة عرض البيت وارتفاعه ، وتصاحب ذلك زيادة فى تكاليف إنشاء البيت . ويبين شكل (٢ - ٧) تخطيطًا لهيكل بيتٍ بلاستيكيٍّ مُبرّد بعرضٍ يبلغ سبعة أمتار ، وبطولٍ يمكن أن يمتد حتى ٤٠ مترًا .

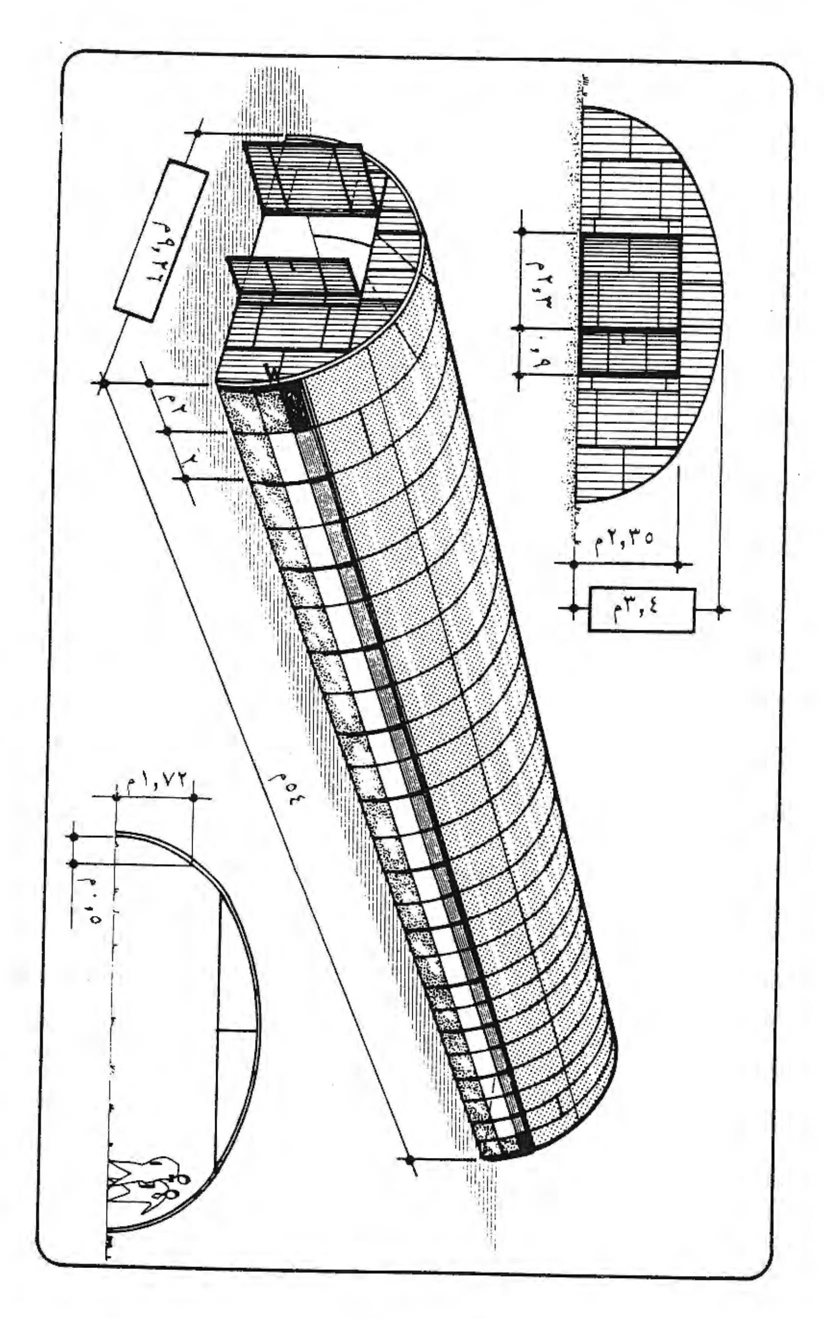
كما يوضح شكلا (٢ - ٨) ، و (٢ - ٩) نموذجين لبيتين بلاستيكيين يبلغ عرض كلٍّ منهما ٩,٢٦ مترًا وارتفاعه ٣,٤ مترًا ، ولكنهما يختلفان فى الطول ، وفى شكل الأبواب ونظام التهوية ؛ حيث يبلغ طول الصوبة ٥٤ مترًا ، وتفتح الأبواب جانبيًا ، وتكون التهوية عن طريق فتحاتٍ جانبيةٍ متقابلة بامتداد طول الصوبة فى شكل (٢-٨)، بينما يبلغ طول الصوبة ٥٦,٥ مترًا، وتفتح الأبواب إلى أعلى، وتكون

التهوية عن طريق فتحات متعددةٍ بامتداد محيط الصوبة من أعلى، وعلى الجانبين فى شكل (٢ - ٩) . وفى كلا النموذجين يتم التحكم فى اتساع فتحات التهوية بإدارة يدٍ تقوم بطى البلاستيك إلى أعلى فى شكل (٢ - ٨) ، وبثنيه نحو جانبى الفتحة فى شكل (٢ - ٩) .

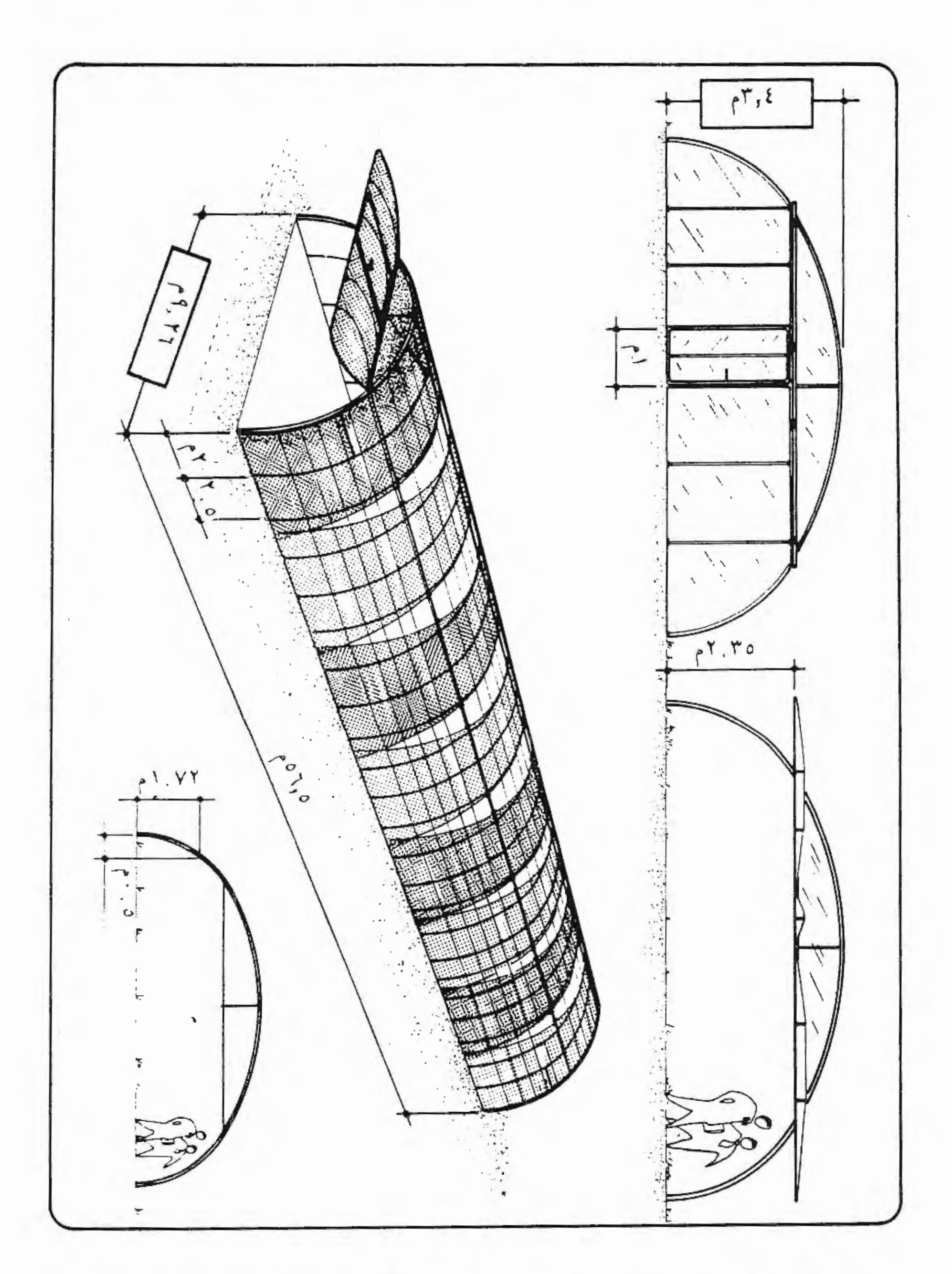


شكل (٢ - ٧) : تخطيط لهيكل بيتٍ بلاستيكيٍّ مُبرّد بعرض سبعة أمتار ، وبطولٍ يمكن أن يمتد حتى أربعين متراً .

ويتحــدد الارتــفاع المناســب للصوبة بشكل مقطعها ؛ فتلك التى تكون على شكل نصف دائرةٍ يكون ارتفاعها نصف قطرها تمامًا (نصف قطر الدائرة ، أى نصف عرضها) . أما الصــوبات التى تأخــذ شكــل القبو (أى التى ترتفع أولا من الجانبين قبل أن تتقوس من أعلى فإن ارتفــاعها يكــون أقل قليلا من نصف عرضها ، كما يلى :



شكل (٢ – ٨) : نموذج لبيتٍ بلاستيكيٍّ غير مبرّدٍ يبلغ طوله ٥٤ متراً ، وتتم فيه التهوية من خلال فتحاتٍ جانبيةٍ متقابلةٍ بامتداد طول الصوبة .



شكل (٢ - ٩) : نموذج لبيتٍ بلاستيكيٍّ غير مبرّدٍ يبلغ طوله ٥٦,٥ متراً ، وتتم فيه التهوية من خلال فتحاتٍ جانبيةٍ متعددةٍ بامتداد محيط الصوبة من أعلى ومن الجانبين .

عرض الصوبة (م)	ارتفاع الصوبة (م) على بعد ٥٠سم من الجانب	الارتفاع المناسب للصوبة (م)
٧,٠	١,٥٣	٢,٨٥
٧,٥	١,٦٠	٣,٠٢
٨,٠	١,٧٠	٣,٢٢
٨,٥	١,٧٠	٣,٢٧
٩,٠	١,٧٠	٣,٣٠
٩,٣	١,٧٠	٣,٥٠

هذا .. ويعرف نوعـان رئيسيان من البيوت البلاستيكية المفردة ؛ هما البيوت الكبيرة ، والأنفاق الاقتصادية .

البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة

تتعدد أنواع البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة ، كما تتعدد الشركات المصنعة لها ، ومعظمها شركات فرنسية ، وإنجليزية ، وهولندية . وتستخدم فى صنع البيوت الكبيرة المفردة مواسير مجلفنة من الداخل والخارج ، يتراوح قطرها بين ٦ سم ، و٩سم . ويتكون كل قوسٍ من عدة أجزاء ترتبط بعضها ببعض ، وبمواسير أخرى رابطة أفقية تمتد بين الأقواس بواسطة وصلات خاصة .

وتتراوح أبعـاد هـذه البيوت غالبًا بين ٦ أمتار و٩ أمتار عرضًا ، وبين ٥٤ متراً و٦٦ متراً طولا ، بينما يتراوح ارتفاعها بين ٢,٧٥ متراً و٣,٥٠ متراً . وتتوفر بهذه البيوت - عادة - روافع لفتح وإغلاق فتحاتٍ للتحكم فى التهوية .

ونتناول بالشرح - فى هذا المقام - طريقة إقامة نوعين من البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة ، ينتشر استخدام أحدهما فى مصر ، بينما يشيع استخدام النوع الثانى فى دولـة الإمـارات العربية المتحدة ، ويُصنّع كلاهما محليًا وتتم إقامتهما بالجهود الذاتية . أما البيـوت الكـبيرة المفردة التى تحتاج إلى خبرات خاصة لإنشائها فإنها تقام - عادةً - بمعرفة الشركات التى تقوم بتصنيعها .

مثال ١ : البيوت البلاستيكية المستعملة فى مصر

يبلغ عرض البيوت البلاستيكية الكبيرة المفردة التى يشيع استخدامها فى مصر ٩ أمتار ، وطولها ٥٩ متراً ، وارتفاعها ٣,٢٥ متراً ، وتبلغ مساحتها ٥٣١ متراً مربعًا .

وتتكون هذه البيوت من المكونات التالية :

١ - الأقواس :

يتكون كل قوسٍ من أربع قطعٍ بقطر ١,٥ - ٢ بوصة من الصلب المجلفن داخليًا وخارجيًا . تكون المسافة بين القوسين الأول والثانى - وكذلك بين القوسين الأخير وقبل الأخير - مترين . أما المسافة بين كل قوسين آخرين فتكون ٢,٥ متراً ؛ وبذا . . يلزم لهذه الصوبة ٢٥ قوسًا ، يتكون كل منها من أربع قطع ؛ أى يلزم للصوبة الواحدة ١٠٠ قطعة .

ويمكن تحديد عدد الأقواس اللازمة - حسب طول الصوبة - كما يلى :

عدد الأقواس اللازمة = [(طول الصوبة - ٤) / ٢,٥] + ٣

٢ - وصلات القوس :

يستخدم لذلك ١٠ وصلات على شكل حرف (T) لتجميع القوسين الأول والأخير ، و١١٥ وصلة على شكل صليبة (+) لتجميع باقى الأقواس . ويكون القطر الخارجى لهذه الوصلات أقل قليلاً من القطر الداخلى للأجزاء التى تقوم بتجميعها معًا ، سواء أكانت تلك الأجزاء أقواسًا ، أم مدادات .

٣ - المدادات الطولية :

يتم وصل الأقواس بعضها ببعضٍ بواسطة خمسة مداداتٍ تمتد بطول الصوبة ؛ منها اثنان تحت سطح التربة لوصل أطراف الأقواس ، وواحد فى قمة الصوبة ، واثنان جانبيان ، ويستخدم لذلك مواسير مجلفنة بقطر ٣/٤ بوصة . وتحتاج كل صوبة إلى ١١٠ ماسورات بطول ٢,٥ متراً ، و١٠ مواسير بطول مترين لكلٍّ منها ، بالإضافة إلى ١٠ مواسير أخرى بطول مترين لكل منها لتوفير الدعم اللازم بين كلٍّ من القوسين الأول والثانى ، والقوسين الأخير وقبل الأخير .

٤ - حوامل المحصول :

تثبت حوامل المحصول فى جميع الأقواس ، باستثناء القوسين الأول والأخير ؛ وهى عبارة عن مواسير مجلفنة بقطر ٣/٤ بوصة . وتحتاج كل صوبة إلى ٢٣ حاملا للمحصول (بعدد الأقواس الداخلية) بطول ٦ أمتار لكلٍّ منها . وتُثَبَّت هذه الحوامل (المواسير) فى الأقواس - بعرض الصوبة - على ارتفاع ٢٠٠ سنتيمتر - ٢٢٠ سنتيمتر من سطح الأرض .

٥ - «سقاطات» حوامل المحصول :

تتدلى «سقاطات» حوامل المحصول من منتصف كل قوسٍ ؛ لكى توفر الدعم اللازم للحوامل لكى لا تتقوس تحت ثقل النباتات التى تستند إليها . تحتاج كل صوبة إلى ٢٣ سقاطة يتراوح طول كلٍّ منها بين ٨٠ سم و٩٠ سم .

٦ - «أفيزات» حوامل المحصول والدعامات :

تلزم «أفيزات» خاصة لوصل حوامل المحصول بالأقواس ، وكذلك وصل الدعامات بالأقواس . وتستخدم لذلك أفيزات على شكل حرف U ، تتصل بالماسورة بمسمار قلاووظ وصامولة . ويلزم لكل بيتٍ ٤٦ أفيزاً لحوامل المحصول ، و٢٤ أفيزاً للدعامات الطولية ، و١٦ أفيزاً للدعامات المقوسة (أفيزات حوامل الأبواب التى يأتى بيانها بعد قليل) ، و٨ أفيزات للدعامات المائلة (يأتى بيانها بعد قليل أيضا) ، بمجموع ٩٤ أفيزاً .

٧ - حوامل الأبواب (عوارض القمرات) :

يلزم لكل صوبةٍ عارضتان لحمل الأبواب تثبتان فى القوسين الأول والأخير . تتكون كل عارضةٍ من ماسورة مجلفنة بقطر ١,٥ - ٢ بوصة (قطر مواسير الأقواس نفسه) ، وطول ٦ أمتار .

٨ - دعامات حوامل الأبواب :

تدعم كل عارضةٍ من حوامل الأبواب بأربع دعاماتٍ بطول ٧٠ - ٩٠سم لكلٍّ منها ، تكون مبططةً من الطرفين ومقوسةً قليلا . ويتم تثبيت هذه الدعامات فى كلٍّ

من العارضة والقوس (الأول أو الأخير) بأفيزاتٍ على شكل حرف U ، يلزم منها ١٦ أفيزًا لكل صوبة .

٩ - دعامات القوسين الأول والأخير :

يلزم لكلٍّ من القوسين الأول والأخير أربع دعامات أخرى تصل ما بين عارضة القمرة والقوس الثانى عند مدخل الصوبة ، وبين عارضة القمرة والقوس قبل الأخير عند نهايتها . ويستخدم لذلك مواسير مجلفنة بقطر ٣/٤ بوصة ، وبطول ٢,٣٠ مترًا لكلٍّ منها . تثبت هذه الدعامات مائلةً ، ويستخدم فى تثبيتها من جهة العارضة الأفيزات نفسها المستخدمة فى تثبيت دعامة القمرة مع عارضة القمرة ، بينما تثبت من جهة القوس الداخلى (الثانى أو قبل الأخير) بأفيزات إضافية ، يلزم منها ٨ أفيزات لكل صوبةٍ (أربعة من كل جانب) . وقد سبق بيان أعداد هذه الأفيزات .

١٠ - أسلاك الشد ، وأسلاك حوامل المحصول ، وأسلاك التربيط :

يلزم لكل صوبةٍ ٣٢ سلك شدٍّ تمتد بطول الصوبة وتوزع بالتساوى على جانبيها ، مع توزيعها بحيث تضيق المسافة بين كل سلكين كلما اتجهنا نحو قمة الصوبة ، وتتسع كلما اتجهنا نحو الجانبين (حوالى ٢٠ سم بين كل سلكين عند قمة الصوبة تزاد تدريجيا لتصل إلى ٦٠سم مع بداية الجزء السفلى من القوس) . يستخدم لذلك سلك نمرة ١٠ أو ١٢ ، ويبلغ طول السلك اللازم ٣٢ مثل طول الصوبة . وإذا استخدم سلك نمرة ١٠ فإنه يلزم منه ١٠٠كجم لكل صوبة . هذا ويقل عدد أسلاك الشد إلى ٢٤ سلكا فقط، عندما تكون الصوبة بعرض ٧ - ٧,٥ مترا .

كذلك يلزم لكل صوبة ١٠ أسلاك أخرى من النوعية نفسها، تستخدم كحوامل للمحصول ، بمعدل سلكين لكل مصطبة زراعة ؛ وبذا . . يكون إجمالى طول السلك اللازم لكل صوبة هو ٤٢ مثل طولها ، مع طول إضافى لتثبيت ولف كل سلك منها فى القوسين الأول والأخير .

ويتم تربيط أسلاك الشد وأسلاك حوامل المحصول مع الأقوس الداخلية باستعمال سلك مجلفن رقم ١٦ أو رقم ١٨ بعدد ٣٢ × ٢٣ = ٧٣٦ سلكا - بطول كاف - لكل

صوبة . وتحتاج كل صوبة إلى ٥كجم من السلك رقم ١٦ أو ٤كجم من السلك رقم ١٨ للتربيط .

١١ - الأبواب :

تزود كل صوبة ببابين بارتفاع ٢٠٠ - ٢٢٠ سم، وباتساع الصوبة. وقد يفتح الباب برفعه إلى أعلى ، أو قد يتكون من ضلفتين تفتحان جانبيا . وقد تزود كل صوبة بباب صغير لدخول الأفراد عند الرغبة فى إحكام إغلاق الصوبة. وتثبت الأبواب إما فى عارضة القمرة أو من الجانبين بمفصلات خاصة .

١٢ - أوناش التهوية ومشتملاتها :

وهى عبارة عن آلات خاصة لثنى البلاستيك أو طيه لأجل تهوية الصوبة . وتكون فتحات التهوية إما فى قمة الصوبة أو بامتداد جانبيها . ويلزم لكل ونش تهوية ضعف طول الصوبة من سلك صلب بقطر مناسب ومستلزمات أخرى يتم تصنيعها لهذا الغرض (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٨٩ بتصرف) .

ويتم تجميع أجزاء الصوبة بالترتيب نفسه الذى ذكرت به مختلف أجزائها .

وتتوقف كمية البلاستيك التى تلزم لتغطية الصوبة على نوعية البلاستيك ، كما يلى :

مادة البلاستيك	الكثافة النوعية	السمك (ميكرون)	وزن المتر المربع (جم)	المسافة التى يغطيها الكيلو جرام (م٢)
البوليثيلين	٠,٩٢	٤٠	٣٦,٨	٢١,٧٠
		٨٠	٧٣,٦	١٣,٥٨
		١٥٠	١٣٨	٧,٢٤
		٢٠٠	١٨٤	٥,٤٣
البولى فينايل كلورايد	١,٢٥	٨٠	١٠٠	١٠,٠٠
		١٥٠	١٨٨	٥,٣١
		٢٠٠	٢٥٠	٤,٠٠

مثال ٢ : البيوت البلاستيكية المستعملة فى دولة الإمارات

تبلغ أبعاد البيوت الكبيرة المفردة - التى يكثر استخدامها فى دولة الإمارات العربية

المتحدة - ٦ أمتار عرضًا ، و٣٦ مترًا طولا ، وتكون بارتفاع ٢,٧ مترًا . وتستعمل فى هذا النوع من البيوت أنابيب مياه مجلفنة يبلغ قطرها الداخلى ٣/٤ بوصة . وتتوفر هذه الأنابيب بطولٍ قياسيٍّ يبلغ ستة أمتار ، ويلزم منها لإِقامة البيت الواحد عدد ٧٥ أنبوبة .

يتم ربط الأنابيب بعضها ببعضٍ بواسطة وصلاتٍ حديديةٍ بقطر ٢١ ملليمترًا تُصنّع على شكل علامة (+) وحروف (T و L) ، ويلزم منها على التوالى عدد ٥١ ، ٤٠ ، ٤ وصلة للبيت الواحد يتم تصنيعها باستخدام ثلاثة أسياخ من حديد التسليح بالقطر المطلوب .

هذا . . ويتم تقطيع المواسير المجلفنة بحيث يتحصل من الـ ٧٥ أنبوبة الكاملة على ٧٦ أنبوبة بطول ٢,٣ مترًا و٩٠ أنبوبة بطول مترين ، كما يتم ثنى جميع الأنابيب التى بطول ٢,٣ مترًا ؛ بحيث يشكل كل أربعٍ منها نصف دائرة بقطر ٦ أمتار .

تتم بعد ذلك إقامة هيكل البيت الذى لا يستغرق عادة أكثر من نصف ساعة إلى ساعة . يتكون هيكل البيت من ١٩ قوسًا بشكل نصف دائرى يبعد كل منهما عن الآخر بمسافة مترين ، وبذلك يكون طول البيت ٣٦ مترًا .

يتكون كل قوس من أربع أنابيب مجلفنة بطول ٢,٣ مترًا لكل منها ، أى يلزم لذلك ٧٦ أنبوبة ، وهو العدد الذى سبق تصنيعه . تربط الأنابيب المكونة للقوس الواحد معًا ومع قِطع المواسير التى يبلغ طولها مترين ، والتى يتم تثبيتها بين الأقواس بواسطة الوصلات التى على شكل (+) ، ويلزم لذلك عدد ١٧ (الأقواس الداخلية) × ٣ (عدد الوصلات بالقوس الواحد) = ٥١ وصلة بشكل (+) . كما يستعمل فى هذه العملية عدد ١٨ × ٣ = ٥٤ أنبوبة بطول مترين .

أما باقى الأنابيب - وعددها ٣٦ أنبوبة - فإنها تستخدم فى ربط أطراف الأقواس ، وتكون مدفونةً فى التربة على عمق نحو نصف متر . ويتم ربط الأنابيب بأطراف الأقواس بواسطة الوصلات التى على شكل حرف (T) ؛ حيث يلزم منها عدد ١٧ × ٢ = ٣٤ وصلة ، أما المتبقى من هذا النوع من الوصلات (وعددها ست وصلات) فيستخدم فى ربط الأقواس الطرفية معًا ومع الأنابيب الممتدة بطول البيت أعلى سطح التربة .

ولا يتبقى من الأجزاء التى سبق تصنيعها قبل ذلك سوى أربع وصلات على شكل حرف (L) ، وهذه تستخدم فى ربط نهايات الأقواس الطرفية بالأنابيب الأفقية الممتدة بين الأقواس تحت سطح التربة .

تبدأ إقامة الهيكل عادة من أحد جانبيه بإقامة القوس الأول ، ثم إيصاله بالمواسير الأفقية ، وهذه يتم ربطها بالقوس الثانى ، وهكذا حتى القوس الأخير . وبعد إقامة الهيكل يتم مد أسلاكٍ مجلفنةٍ أعلى خطوط الزراعة وعلى مستوى الأقواس مع ربطها بالأقواس بسلكٍ رفيع .

ويحتاج هذا البيت إلى لفةٍ وربعٍ من البلاستيك بعرض ٩,٢٥ متراً ، وبطول ٤٠ متراً . ويستخدم عادة بلاستيك بسمك ١٨٠ ميكرونًا ، ومقاوم للأشعة فوق البنفسجية . ويراعى قبل وضع البلاستيك خلو الهيكل من أية أجسامٍ معدنيةٍ خشنةٍ أو مدببةٍ ، أو أية نتوءاتٍ بالهيكل ، أو أية أسلاكٍ خارجة ؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى تمزيق البلاستيك .

ويثبت البلاستيك على الهيكل المعدنى بعد تقطيعه إلى أجزاء يبلغ طول كلٍّ منها حوالى ١٠ - ١١ متراً . تُشد كل قطعةٍ جيداً على الهيكل ، وتدفن نهايتاها المتدليتان على جانبى الهيكل تحت الأرض ؛ وذلك لتثبيتها وضمان بقائها مشدودة . ويلزم عادة تسع من هذه القطع البلاستيكية تثبت متجاورةً ومتداخلةً بعضها مع بعض لمسافة ٣٠ سم .

هذا . . ويوصى بِطَلْيِ الأسلاك والأنابيب المجلفنة الملامسة للبلاستيك بدهانٍ عاكسٍ للضوء لتقليل الأثر الضار لارتفاع درجة الحرارة ؛ الذى قد يؤدى إلى احتراق البلاستيك عند نقطة التلامس (وزارة الزراعة والثروة السمكية - دولة الإمارات العربية المتحدة ١٩٨٢) .

الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية

تعتبر الأنفاق الاقتصادية economic tunnels - أو الأنفاق التى يمكن السير بداخلها walking tunnels - أرخص أنواع البيوت البلاستيكية ، ويبلغ عرضها عادةً

نحو أربعة أمتار . أما طولها ، فيمكن أن يتراوح بين ٢٠ مترًا و٤٦ مترًا ، لكن يفضل عدم زيادته عن ٤٠ مترًا ؛ حتى لا تسوء التهوية فيها .

ويتألف الهيكل الأساسى لهذه البيوت من أنابيب مجلفنة قطرها الداخلى نصف بوصة . وتجمع هذه الأنابيب معًا بواسطة سلك قوىٍّ مقاس ١٠ . ويناسب هذا النوع من الأنفاق زراعة الطماطم ، والفلفل ، والباذنجان ، والفاصوليا ، والكوسة ، والفراولة ، كما أنها تناسب إنتاج الشتلات .

ويمكن التحكم فى ارتفاع هذا النوع من البيوت باستخدام أنابيب طويلةٍ للأساسات، مع ترك جزءٍ كبيرٍ منها أعلى سطح التربة ، وبذلك تتوفر نهايتا الأقواس لتضاف إلى ارتفاع البيت .

وتستعمل لتغطية هذه البيوت قطعة واحدة من البلاستيك بطول ٥٠ مترًا ، وبعرض ٧,٢ مترًا ، وبسمك ١٢٥ ميكرونًا . ويوضح جدول (٢ - ٢) المواد اللازمة لبناء بيتٍ من هذا النوع بعرض ٤ أمتار ، طول ٤٦ مترًا .

جدول (٢ - ٢) : المواد اللازمة لبناء بيتٍ بلاستيكيٍّ اقتصاديٍّ بعرض ٤ أمتارٍ ، وطوله ٤٦ متراً .

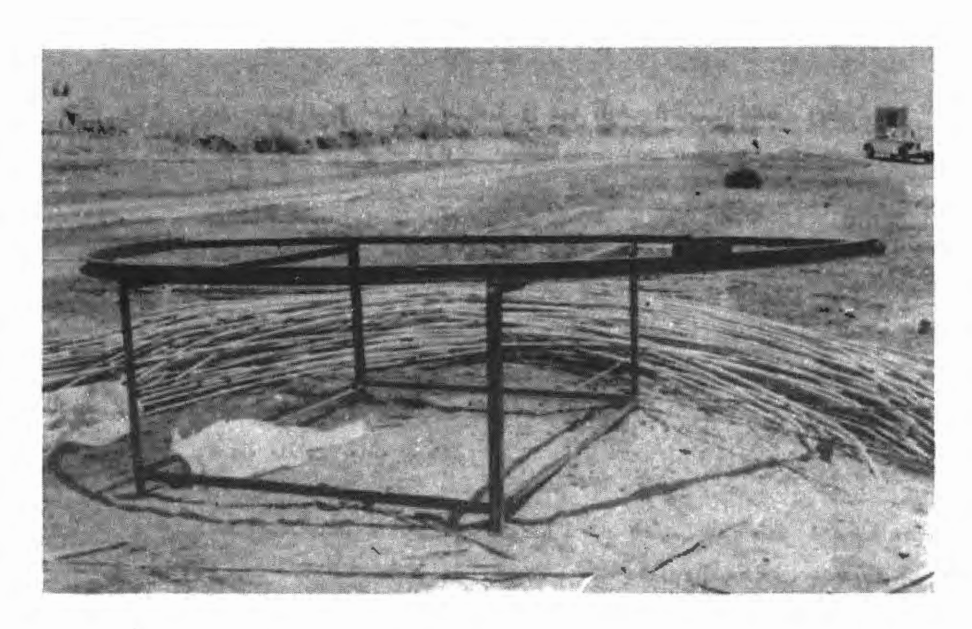
المادة المستعملة	العدد اللازم
غشاء بوليثيلين ٥٠م × ٧,٥ متر ، وبسمك ١٢٥ ميكرونا	١
أنابيب مجلفنة بقطرٍ داخليٍّ نصف بوصةٍ ، وطول ٦ أمتار	٢٨
أنبوب جامع بقطرٍ داخليٍّ نصف بوصة ، وطول ١,٥ متراً .	٢٧
أنابيب مقوية ضد الريح بقطر نصف بوصة ، وطول ٢,١ متراً	٨
أنابيب الأساسات بقطرِ بوصة ، وطول ٧٥ سم	٥٦
سلك نمرة ١٠ لربط الأقواس	١٣٠ متراً

وتتبع الخطوت التالية عند إقامة البيت :

١ - تحدد الزوايا القائمة للبيت فى أركان مستطيلٍ بعرض ٤ أمتار ، وبطول ٤٦ مترًا ، ويتم ذلك بتحديد أحد جانبى البيت بطول ٤ أمتار ، ثم تقام عليه الزوايا القائمة لتحديد موقع الجانبين الطوليين للبيت . ويمكن رسم الزوايا القائمة لأركان

البيت بسهولة إذا استخدم خيط بطول خمسة أمتار ؛ ليكون وتراً لمثلث قائم الزاوية (عند ركن البيت) طول ضلعيه ثلاثة وأربعة أمتار .

٢ - يلى ذلك تحضير المواد المستخدمة فى عمل البيت ؛ فيتم أولا تشكيل جميع الأنابيب المجلفنة التى بقطر نصف بوصة وطول ٦ أمتارٍ ليأخذ كل منها شكل نصف دائرى يبلغ نصف القطر فيه مترين . ويمكن عمل ذلك إما على هيكلٍ خاصٍ يُصنع لهذا الغرض (شكل ٢ - ١٠) ، أو على هيكلٍ من الأنابيب تدق فى الأرض على الشكل المطلوب للأقواس . تستخدم لذلك ٤٠ أنبوبةً بقطر نصف بوصةٍ ، وبطول ٧٥ - ١٠٠ سم ، حيث تُدق فى أرض صلبة على بعد ٣٠ سم من بعضها البعض . ومن المهم ثنى الأنابيب على بعد ٣٠ سم من طرفيها ؛ بحيث تكون هذه الأطراف مستقيمةً ، وفى وضعٍ عمودىٍ على الأرض عند تركيب الأقواس .



شكل (٢ - ١٠) : هيكل خاص من الحديد يستخدم فى عمل أقواس الأنابيب المجلفنة . يُلاحظ الجزء الطرفى من الهيكل الذى يستخدم فى جعل أطراف الأقواس مستقيمة .

يلى ذلك عمل ثلاثة ثقوب بقطر ٣/١٦ بوصة فى كل قوسٍ ؛ أحدها فى الوسط ، والأخران على بعد ١٥ سم من الطرفين ، ثم تعمل ثقوب أخرى بالقطر نفسه على بعد ١٥٠ سم من طرفى القوس الأول من كلٍّ من جانبى البيت ، وعلى بعد ٢٠ سم من طرفى القوس الثانى أيضًا من كلٍّ من جانبى البيت . ومن الضرورى أن يتم عمل هذه الثقوب بعد ثنى الأقواس . ويتم عمل هذه الثقوب بسهولةٍ بواسطة مثقابٍ خاصٍّ (شنيور) .

٣ - يتم بعد ذلك وضع أساسات البيت ، وهى عبارة عن الأنابيب التى بقطر بوصة واحدة وطول ١,٥ مترًا . ويتوقف عدد هذه الأنابيب على طول البيت ، لكنه يكون دائمًا ضعف عدد الأقواس ؛ لأن الأقواس تثبت من طرفيها داخل هذه الأساسات . ولتركيب الأساسات تدق أولا ٤ أنابيب منها فى أركان البيت التى سبق تحديدها على الأرض ، ويشد بينها خيط ، ثم تدق باقى الأساسات على الجانبين الطوليين ؛ بحيث يكون صافى المسافة بين كل أنبوبتين متجاورتين فى الخط الواحد ١,٥ مترًا . ويجرى ذلك عمليًا بوضع أجزاء الأنبوب الجامع ، والتى تكون بطول ١,٥ م بين كل أنبوبتين من أنابيب الأساس . هذا . . وتدق أنابيب الأساس فى التربة ؛ بحيث لا يظهر منها فوق سطح التربة سوى ١٠ - ٢٠ سم .

٤ - تثبت الأقواس بإدخال طرفيها داخل أنابيب الأساسات لمسافة ١٥ سم من كل طرف . ويتم إحكام ذلك بوضع مسمارٍ بطول ٧ سم فى الثقوب التى عملت خصيصًا لهذا الغرض فى أطراف الأقواس . يعمل المسمار على منع دخول القوس لأكثر من المسافة المرغوبة فى أنبوب الأساس . ويجب أن يراعى وضع القوسين الأول والثانى اللذين عملا خصيصًا فى مكانهما بجانبى البيت .

هذا . . ويمكن زيادة ارتفاع البيت باستخدام أنابيب أطول للأساسات مع دقها فى التربة ؛ بحيث تبرز منها لمسافة ٥٠ سم . تثقب أنابيب الأساسات على بعد ١٥ سم من قمتها ، ويمر بكل ثقبٍ مسمار ليمنع دخول طرف القوس لأكثر من ذلك ؛ وبذلك يضاف نحو ٥٠ سم إلى ارتفاع البيت (شكل ٢ - ١١) .



شكل (٢ - ١١) : هيكل بيت بلاستيكي من النوع الاقتصادى به أقواس الأنابيب المجلفنة التى تشكل الجزء الأساسى من الهيكل ، والأنابيب الجامعة التى تربط الأقواس بعضها ببعض من منتصفها ومن الجانبين ، «والجلب» المثبتة بالأقواس ، والتى يمر فيها الأنبوب الجامع ، ونهايتا الأقواس المستقيمتان ، وأنابيب الأساسات التي تبرز من سطح الأرض بنحو ٥٠ سم ، وتثبت فيها أطراف الأقواس .

٥ - يعقب ذلك تركيب الأنبوب الجامع ؛ وذلك بإدخال السلك مقاس ١٠ من الثقب الموجود فى وسط القوس الأول ، على أن يمر بالقطعة الأولى من الأنبوب الجامع ، ثم من الثقب الموجود بوسط القوس الثانى ، ثم بالقطعة الثانية من الأنبوب الجامع ، وهكذا واحدة بعد الأخرى . وبعد الانتهاء من ذلك يشد السلك جيداً ، ويثبت حول القوسين الموجودين فى طرف البيت .

هذا . . ويمكن زيادة متانة البيت بزيادة عدد الأنابيب الجامعة إلى ثلاث أنابيب أو خمس تثبت بالطريقة نفسها ، أو بالاستعانة «بجلبة» خاصة تثبت فى الأقواس ، ويمرر منها الأنبوب الجامع .

٦ - يلى ذلك تثبيت الأنابيب المقوية ضد الريح (وعددها أربع ، ويبلغ طول كلٍّ منها ٢١٠ سم) ؛ وذلك بإدخال سلك مقاس ١٠ فى كلٍّ منها ، ثم يدخل طرفا السلك فى الثقوب التى عملت لهذا الغرض على بعد ١٥٠ ، ٢٠سم من طرفى القوسين الأول والثانى على التوالى .

٧ - تكون الخطوة التالية هى تركيب البرواز الخشبى للأبواب بجانبى البيت . يُطمر الجانب السفلى لإطار الباب فى الأرض ، ويثبت جانبه العلوى فى الأقواس مع مراعاة أن يكون ارتفاع الباب بالقدر الذى يسمح بتماس قمته مع القوس ؛ حتى يمكن تثبيته فيه بصورةٍ جيدةٍ .

٨ - لتغطية البيت بالبلاستيك يتم أولا حفر خندقين على الجانبين الطوليين للبيت؛ كل منهما بعرض ٢٥ سم ، ولعمق ٢٥ سم . تستخدم قطعة بلاستيكٍ واحدةٍ بطول ٥٠ متراً ، وعرض ٧,٢ متراً . يفرش الغطاء البلاستيكى على الأرض ، على أن يزيد طوله عن كل من جانبى البيت بمقدار مترين ، حتى يمكن تثبيت الغطاء على براويز الأبواب . يرفع الغطاء فوق الهيكل تدريجياً ، على أن تترك زوائد متساوية من الجانبين لطمرها فى الخندق ، مع مراعاة شد الغطاء جيدًا ليكون مقاومًا للرياح . تدفن زوايا الغطاء الأربع أولا فى التربة ، ثم تشد حواف الغطاء ، ويوضع فوقها التراب . هذا ويحسن أن يتم تركيب الغطاء البلاستيكى فى يومٍ دافئٍ تزيد درجة حرارته عن ١٥ْم ؛ لأن تركيب الغطاء وهو منكمش فى يومٍ باردٍ يؤدى إلى ارتخائه عند تمدده فى الأيام الحارة .

أما الغطاء البلاستيكى للأبواب ، فيثبت فى البرواز بواسطة شرائح خشبية (سدابات بعرض ٢,٥ سم ، وسمك ٢ سم) تدق على البلاستيك فى البرواز بمسامير (عبد الهادى ١٩٨٣ بتصرف) .

هذا . . وفى المناطق التى تتوفر فيها الأخشاب بأسعارٍ زهيدةٍ يمكن عمل هيكل البيت البلاستيكى الصغير من الخشب . ويعطى Thompson (١٩٧٨) تفاصيل طريقة إنشاء صوبةٍ من هذا النوع .

اغطية البيوت المحمية

تتنوع المواد المستخدمة كأغطية للبيوت المحمية Cladding أو Glazing material ، وتختلف كثيراً فى خصائصها وأسعارها وعمرها الافتراضى ، وهى أمور يجب أن تؤخذ جميعها فى الحسبان عند اختيار نوع الغطاء .

ويمكن تقسيم الأغطية إلى ثلاثة أنواع رئيسية ؛ هى :

١ - الزجـاج .

٢ - الليف الزجاجى (الفيبرجلاس) Fiberglass .

٣ - البلاستيك وأنواعه كثيرة ؛ ومن أهمها : البوليثلين Polyethylene ، والبوليفينايل كلورايد Polyvinyl Chloride .

ومن أهم الخصائص التى يجب أخذها فى الحسبان عند اختيار أىٍّ من هذه الأغطية ما يلى :

١ - نفاذية الغطاء للضوء :

ففى المناطق التى تكون ملبدة بالغيوم والإِضاءة فيها ضعيفة معظم أيام السنة يفضل أن تستعمل فيها الأغطية التى تسمح بنفاذ أكبر نسبةٍ من الضوء الساقط عليها ، وبالعكس . . فإنه يفضل استعمال الأغطيةِ التى تسمح بمرور نسبةٍ أقل من أشعة الشمس فى المناطق الحارة التى تكون فيها شدة الإِضاءة عالية معظم أيام السنة .

وبرغم أن الغطاء يمتص جزءاً من الأشعة الشمسية الساقطة عليه فى صورة حرارة، إلا أنه يشعها ثانية ، إما نحو الفضاء الخارجى ، وإما إلى داخل البيت . أما باقى الأشعة الساقطة ، فإنهـا إما أن تنفذ من خلال الغطاء إلى داخل البيت ، وإما أن تنعكس مرة أخرى نحو الفضاء الخارجى ، ويكون الانعكاس أعلى ما يمكن فى الصباح الباكر وقبل الغروب حينما تكون زاوية سقوط الأشعة الشمسية منخفضة .

٢ - نفاذية الغطاء للأشعة تحت الحمراء :

لهذا العامل أهمية كبيرة ليلا ؛ عندما تبعث التربة والأجسام الصلبة بالبيت الحرارة التى اكتسبتها أثناء النهار فى صورة أشعةٍ تحت حمراء طويلة الموجة . فإذا كان الغطاء منفذًا لهذا الأشعة ، فإنها تفقد فى الفضاء الخارجى، ويبرد البيت بسرعةٍ ، بينما تبقى داخل البيت ، وتعمل على رفع درجة الحرارة داخله إن لم يكن الغطاء منفذًا لها .

٣ - نفاذية الغطاء للأشعة فوق البنفسجية :

تزداد أهمية هذا العامل فى المناطق المرتفعة التى تزيد فيها شدة الأشعة فوق البنفسجية ؛ مما يستلزم استعمال أغطيةٍ غير منفذةٍ لها لتقليل إصابة النباتات بأضرار لفحة الشمس .

هذا . . ويمكن إيجاز درجة نفاذية الأنواع الرئيسية السابقة الذكر من الأغطية لكلٍّ من الضوء المرئى والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء كما يلى :

١ - لا تقل درجة نفاذية الأنواع المختلفة من الشرائح البلاستيكية للضوء المرئى عن الزجاج .

٢ - تعتبر أغطية الزجاج والبوليثيلين غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية . ويعتبر الفيبرجلاس قليل النفاذية ، بينما تعتبر بقية الأغطية البلاستيكية منفذة لها .

٣ - أغطية البوليثلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء ، بينما يعتبر الفيبرجلاس وسطًا ، أما بقية الأغطية ، فهى إما قليلة النفاذية ، وإما غير منفذة للأشعة تحت الحمراء .

الأغطية الزجاجية

تستخدم فى تغطية البيوت المحمية أنواع من الزجاج الشفاف بسمك ٣ مم غالبًا . ويتوقف السمك المستخدم على مساحة الألواح المستعملة ؛ فيزيد السمك بزيادة المساحة ، وعلى ما إن كانت مستخدمة فى الجدران ، أم فى الأسقف . تثبت ألواح الزجاج فى براويز خاصة تشكل جزءًا من هيكل البيت .

ينفذ الزجاج الضوء بنسبة ٩٠٪ تقريبًا ، ويتوقف ذلك على محتواه من الحديد ؛ حيث تقل نفاذيته مع زيادة محتواه من هذا العنصر . ولا يسمح الزجاج بنفاذ الأشعة تحت الحمراء ؛ وبذلك فهو يعمل على الاحتفاظ بالحرارة المنبعثة من التربة ليلا داخل البيت ؛ مما يقلل الحاجة إلى التدفئة الصناعية .

ولخفض تكاليف التبريد فى المناطق الحارة التى تزيد فيها شدة الإضاءة . . أنتجت إحدى الشركات الهولندية زجاجًا عاكسًا للضوء اسمه التجارى : هورتى كير Horti care ، وهو زجاج ٤ مم عادى ، إلا أنه معامل بغطاءٍ من أكاسيد المعادن metallic oxides التى تعمل عى عكس جزءٍ من أشعة الشمس بدرجةٍ أكبر من الزجاج العادى . فبينما ينفذ الزجاج العادى (٤ مم) نحو ٨٥٪ من الطاقة الشمسية الساقطة عليه ، فإن زجاج الهورتى كير ينفذ من ٦٢٪ - ٦٨٪ فقط ، والباقى يتم عكسه خارج البيت . ومن الضرورى ملاحظة عملية تركيب الزجاج؛ بحيث تكون طبقة الأكاسيد داخل البيت .

كما يستخدم نوع مماثل من الزجاج تكون فيه طبقة أكاسيد المعادن نحو الخارج بغرض خفض الفقد فى درجة الحرارة فى المناطق الباردة . وقد وجد Breuer وآخرون (١٩٨٠) أن هذا النوع من الزجاج (يسمى تجاريًا باسم هورتى بلس Horti plus) يقلل الفقد الحرارى من البيت بنسبة ٢٠٪ - ٢٥٪ ، وبمدى يتراوح من ٢٪ فى الجو الممطر الملبد بالغيوم إلى ٤٠٪ فى الجو الصحو . وقد تراوح مقدار الفقد فى الإضاءة عند استعمال هذا النوع من الزجاج - بالمقارنة بالزجاج العادى - بين ١١٪ و١٣٪ ، إلا أن استعماله لم يكن اقتصاديًا ؛ نظرًا لارتفاع سعره بالنسبة للتوفير الذى يحققه فى وقود التدفئة .

هذا . . وبغض النظر عن نوع الزجاج المستخدم ، فإنه يعتبر أطول أنواع الأغطية المستعملة عمرًا ، إلا أنه يحتاج إلى مراقبةٍ مستمرةٍ لاستبدال الألواح التى تكسر بفعل البَرَد أو أية عوامل أخرى .

أغطية الليف الزجاجى (الفيبرجلاس)

يعتبـر البوليـستر المـدعم بالليف الزجاجـى Fiberglass Reinforced Polyester (ويطلق عليه اختصارًا اسم الفيبرجلاس أو FRP) البديل الأول للزجاج كغطاء للبيوت المحمية .

يتوفر الفيبرجلاس على شكل ألواحٍ أو شرائح بسمك ١,٥ - ٢مم ، مسطحة ناعمة flat أو معرجة Corrugated ، وكلاهما مرن بالقدر الكافى للتشكيل على هيكل البيت ؛ بحيث يمكن تثبيتهما على أى هيكل .

وقد يثبت الفيبرجلاس على هياكل البيوت البلاستيكية الرخيصة ؛ فتصبح بذلك تكلفة البيت وسطًا بين تكلفة البيت البلاستيكي والبيت الزجاجى ، أو قد يثبت على هياكل البيوت الزجاجية ؛ فتصبح تكلفة البيت الإجمالية قريبةً من تكلفة البيت الزجاجى .

من أهم خصائص الفيبرجلاس أنه يعمل على تشتيت أشعة الشمس الساقطة عليه ؛ الأمر الذى يزيد من تجانس الإضاءة داخل البيت بدرجة أكبر مما في حالة الغطاء الزجاجى. كما أنه أكثر مقاومة للتكسير بفعل البَرْد من الزجاج ، وأكثر تحملا للانخفاض الشديد فى درجة الحرارة من البوليثيلين .

وبالمقابل . . يعيب الفيبرجلاس أن السطح الأكريلك للشرائح يتعرض للخدش ، وتتكون فيه النقر بفعل احتكاكه بحبيبات التراب والرمل وبفعل التلوث الكيمائى ؛ مما يؤدى إلى تعرض الألياف الزجاجية للجو الخارجى ؛ فتتجمع بها الأتربة ، كما تنمو فيها الطحالب ؛ فتصبح داكنة اللون ، وتقل نفاذيتها للضوء . ويمكن تصحيح أو معالجة هذه الحالة بتنظيف سطح شريحة الفيبرجلاس بفرشاةٍ قويةٍ نظيفةٍ أو بصوفٍ زجاجيٍّ ، ثم دهنها بطبقةٍ جديدةٍ من الأكريلك acrylic resin .

هذا . . وتتراوح فترة ضمان الفيبرجلاس بين ٥ سنوات و٢٥ سنة . وتكون فترة الضمان طويلة فى الشرائح المغطاة بطبقةٍ مقاومةٍ للأشعة فوق البنفسجية من البولى فينيل فلورايد polyvinyl fluoride .

ومن ناحية النفاذية للضوء ، فإن الفيبرجلاس الشفاف يتشابه تقريبًا مع الزجاج فى هذه الخاصية ، بينما تقل النفاذية للضوء فى الشرائح الملونة (تستخدم هذه الشرائح فى إنتاج بعض النباتات المنزلية التى لا تتطلب إضاءةً قوية) . وإذا كانت نفاذية الهواء ١٠٠٪ ، فإن نفاذية الزجاج تبلغ ٩٠٪ ، ونفاذية الفيبرجلاس الشفاف تتراوح بين ٨٠٪ و٨٢٪ ، وتنخفض إلى ٦٤٪ فى شرائح الفيبرجلاس الصفراء ، و٦٢٪ فى الشرائح الخضراء .

وتعتبر شرائح الفيبرجلاس أقل مقدرةً على التوصيل الحرارى من الزجاج . فإذا كانت المقدرة على التوصيل الحرارى ١٠٠٪ فى الهواء ، فإنها تبلغ ٨٨٪ فى الزجاج ، و٦٣٪ - ٦٨٪ فى الفيبرجلاس الشفاف .

ويعنى ذلك أن البيوت المغطاة بالفيبرجلاس تكون أقل احتياجًا إلى التبريد صيفًا ، وأقل حاجة إلى التدفئة شتاء من البيوت الزجاجية . ومما يساعد على ذلك أن تسرب الحرارة منها يكون بدرجة أقل مما فى البيوت الزجاجية ؛ نظرًا لأن ألواح الفيبرجلاس تكون أكبر مساحة ؛ وبالتالى تقل أماكن اتصال الألواح مع الهيكل . وينطبق ذلك بصفةٍ خاصةٍ على ألواح الفيبرجلاس الملساء . أما الألواح المعرجة ، فإنها تزيد كثيراً من سطح البيت المعرض للجو الخارجى ؛ مما يزيد الحرارة المفقودة بالإشعاع ؛ الأمر الذى يتطلب زيادة الحاجة إلى التدفئة بنحو ٣٠٪ - ٤٠٪ عما فى حالة استعمال الألواح الملساء .

هذا . . ويقدر سمك شرائح الفيبرجلاس بوزن وحـدة المساحة ، وتستخـدم - عادة - شرائح زنة ١,٥ كجم للمتر المربع للأسقف ، وشرائح زنة ١,٢ كجم للمتر المربع للجدران .

ونظرًا لأن أسطح شرائح الفيبرجلاس - مثل أسطح شرائح البوليثلين - تعتبر طاردة للماء Water repellent ، فإن قطرات الماء التى تتكثف عليها سريعًا ما تتساقط من أقل حركةٍ للغطاء بفعل الهواء ، أو عند إغلاق باب البيت مثلا ؛ ولهذا يجب رش البلاستيك من الداخل بمادةٍ تجعله أقل طردًا لقطرات الماء ؛ حتى تنزلق القطرات عليه من الداخل إلى أن تصل إلى سطح التربة ، بدلا من سقوطها على النباتات . وعلى الرغم من أنه من الممكن استعمال الصابون العادى لهذا الغرض ، إلا أنه يغسل بسرعة، ويستخدم لذلك تحضير تجارى يسمى صن كلير sun clear ترش به جدران البيت من الداخل .

ومن أكبر العيوب التى تؤخذ على الفيبرجلاس شدة قابليته للاشتعال (Boodley ١٩٨١ ، و Nelson ١٩٨٥) .

أغطية الأغشية البلاستيكية

إن أكثر أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل استعمالا فى الوقت الحاضر هى أغطية البوليثلين ، والبولى فينايل كلورايد . ويباع كلاهما على شكل لفائف من الأغشية التى تختلف فى الطول والعرض والسمك حسب الغرض من الاستعمال . ويمكن التمييز بينهما بسهولة ؛ لأن أغشية البوليثيلين تطفو على سطح الماء ، وإذا أحرقت قطعة منه ، فإنها تحترق بسهولةٍ كبيرةٍ ؛ معطيةً شعلةً مضيئةً جدًّا ، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة الشمع . أما أغشية البولى فينايل كلورايد ، فإنها لا تطفو على سطح الماء ، وإذا أحرقت قطعة منه ، فإن شعلتها تكون شاحبةً ، وتكون للأبخرة الناتجة من الاحتراق رائحة حامض الأيدروكلوريك (عبد الهادى ١٩٧٤) . كما تقوم الشركات بتصنيع عديدٍ من أنواع الأغطية البلاستيكية الأخرى ؛ منها الجامد Rigid ، ومنها السهلة التشكيل .

أغشية البوليثيلين

يطلق على أغشية البوليثيلين polyethylene أيضًا اسم polyethene ، ويوجد منها نوعان : أحدهما عادى ، والآخر مضاف إليه مادة خاصة لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية ، ويسمى كوبوليمر copolymer .

١ - البوليثيلين العادى :

يتآكل البوليثيلين العادى عندما يتعرض لأشعة الشمس photodegradable ، والأشعة فوق البنفسجية هى التى تحدث التمزق . ولهذا . . فإنه يستعمل - عادة - لموسمٍ زراعيٍّ واحدٍ لمدة ٦ - ٩ أشهر ، وبحدٍّ أقصى سنةً واحدة ، ثم يجدد بعد ذلك .

وتعتبر أغشية البوليثيلين أرخص الأغشية البلاستيكية وأكثرها انتشاراً . ويتراوح سمك النوع المستخدم فى الصوبات بين ١٠٠ ميكرون و١٥٠ ميكرونًا ، ويتوفر بعرض يصل إلى ١٢م ، وبأى طول . وتبلغ نفاذية البوليثيلين العادى للضوء ٨٨٪ ؛ وهو بذلك مماثل تقريبًا للزجاج الذى تبلغ نفاذيته ٩٠٪ . وهو منفذ لكلٍّ من الأشعة فوق

البنفسجية (بنسبة ٨٠٪) ، والأشعة الحمراء (بنسبة ٧٧٪) ؛ وبذلك فهو يسمح بنفاذ الأشعة ذات الموجات الطويلة التى تصدر من النباتات والتربة . ويفيد ذلك فى تقليـل الحاجة إلى التهوية والتبريد نهاراً ، لكن تقابل ذلك زيادة الحاجة إلى التدفئة ليلا ؛ نظراً لأن غطاء البوليثيلين يسمح بنفاذ الإشعاع الحرارى الذى يصدر من التربة ليلا إلى خارج البيت .

وفى حالة استعمال طبقتين من البلاستيك كغطاءٍ للصوبات (كما سيأتى بيانه فيما بعد) . . فإن نفاذية الغشاءين معًا - للضوء - تنخفض إلى ٧٧٪. ويفيد استعمال طبقتى البلاستيك فى تقليل الفقد الحرارى من البيت ليلا ، وعند إجراء التدفئة الصناعية ليلا أو نهاراً .

كما تتوفر أغشية البوليثيلين البيضاء اللون ، وتستعمل لخفض شدة الإِضاءة داخل الصوبات فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا .

ويعيب الأغطية البلاستيكية العادية سرعة نقص نفاذيتها للضوء بنسبة تتراوح بين ٢٠٪ و ٤٠٪ ، بفعل التغيرات التى يحدثها تعرضها للأشعة فوق البنفسجية . كما أن هذه الأغطية تكون سريعة العطب والتمزق تحت تأثير العوامل الخارجية ، وخاصة الحرارة المرتفعة ، والأوزون ، والأشعة فوق البنفسجية .

٢ - الكوبوليمر Copolymer :

الكوبوليمر هو نوع من البوليثيلين المضاف إليه - أثناء التصنيع - بعض المواد الثابتة ضوئيًا وحراريًا ، مثل أكسيد البنزوفينون بنسبة ٠,٥٪ - ٠,٦٪ . تقوم هذه المواد بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية وتبطئ من تحلله ؛ ولذلك فهو يعيش لفترة أطول تصل إلى سنة ونصف أو سنتين . وتتميز هذه الشرائح بلونها الأصفر . وفيما عدا ذلك ، فإنه لا يختلف فى خصائصه عن البوليثيلين العادى .

أغشية البولى فينايل كلورايد

يطلق على أغشية البولى فينايل كلورايد polyvinyl chloride (اختصاراً PVC) أيضًا اسم أغشية الفينايل Vinyl films . وهى تعيش فترة تتراوح - حسب المصادر

المختلفة - من ثلاث سنوات إلى خمس ، والأغلب أنها تعيش ثلاث سنوات فقط فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا . وتستخدم عادة أغشية بسمك ٢٠٠ - ٣٠٠ ميكرونً ، وتتكلف ٣ - ٤ أمثال البوليثيلين العادى سمك ١٥٠ ميكرونًا .

وعلى الرغم من أن نفاذية أغشية البولى فينايل كلورايد للضوء تبلغ ٨٨٪ (وهى تتشابه فى ذلك مع نفاذية أغشية البوليثيلين ، وتقترب من نفاذية الزجاج) ، إلا أنها تحتفظ بشحنات كهربائية على سطحها تجذب إليها الأتربة ؛ مما يقلل من نفاذيتها للضوء إلا إذا غسلت كلما تجمع عليها التراب . وتعتبر أغشية البولى فينايل كلورايد أقل نفاذيةً من البوليثيلين للأشعة فوق البنفسجية (٧٠٪ للبولى فينايل ، بالمقارنة بـ ٨٠٪ للبوليثيلين) .

ومن أهم مميزات أغشية البولى فينايل كلورايد أنها لا تسمح إلا لنحو ١٢٪ فقط من الأشعة تحت الحمراء بالنفاذ من خلالها ؛ وبذا فهى تعمل على الاحتفاظ بالإشعاع الحرارى الصادر من النباتات والتربة ليلا داخل الصوبة ؛ وهو الأمر الذى يعمل على رفع درجة الحرارة عن الجو الخارجى ليلا بنحو ٢ - ٣ درجات مئوية .

أنواع أخرى من الأغشية البلاستيكية

تعمل الشركات دائمًا على إنتاج أنواعٍ جديدةٍ من الأغطية البلاستيكية ؛ منها الأغطية الجامدة ، والأغطية الغشائية السهلة التشكيل ، لكن كل هذه الأنواع لم يكن لها - حتى الوقت الحاضر - انتشار يذكر ، بالمقارنة بالأنواع التى سبق بيانها .

ومن أهم أنواع البلاستيك الجامد الأخرى ما يلى :

١ - بولى فينايل كلورايد الجامد Rigid Polyvinyl Chloride ، وهو أكثر تكلفةً من الفيبرجلاس ، وينفذ الضوء بنسبة ٧٠ ٪- ٨٠٪ .

٢ - بولى ميثايل مث أكريليت Polymethyl methacrylate :

ينفذ الضوء بنسبة ٩٢٪ ورخيص نسبيًا .

ومن أهم أنواع الأغشية البلاستيكية السهلة التشكيل الأخرى ما يلى :

١ - البوليثيلين تيرى فثاليت Polyethylene terephthalate :

وهو يباع تحت الاسم التجارى Mylar . وهو ينفذ الضوء بنسبة ٨٨٪ ، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٢٤٪ ، ويجدد عادة كل ٤ سنوات ، إلا أنه أكثر تكلفة .

٢ - إيثيلين فينايل أسيتيت Ethylene - Vinyl Acetate (اختصاراً : EVA) :

يتميز عن الإيثيلين العادى بأنه :

أ - أكثر نفاذية للضوء .

ب - أقل نفاذية للإشعاع الحرارى من التربة والنباتات ليلا .

جـ - أكثر تحملا للإشعاع الشمسى ، ويخدم لمدة تتراوح بين سنتين و٥ سنوات ، إلا أنه أكثر تكلفة .

د - يمكنه أن يتحمل التداول فى درجة حرارة تصل إلى - ٤٠ْم ، بينما لا يتحمل البوليثيلين العادى درجة حرارة أقل من - ٢٥ْم .

٣ - البولى فينايل فلورايد Polyvinyl fluoride (اختصاراً PVF) :

ينفذ الضوء بنسبة ٩٢٪ ، والأشعة تحت الحمراء بنسبة ٣٣٪ ، ويتحمل الأشعة فوق البنفسجية ، ويخدم لفترة قد تصل إلى ثمانى سنوات (Boodley ١٩٨١ ، و Nelson ١٩٨٥) .

مشاكل استعمال الأغشية البلاستيكية

برغم أن الأغشية البلاستيكية رخيصة الثمن وسهلة التركيب ، إلا أن استعمالها يكون - عادة - مصحوبًا بالمشاكل التالية :

١ - غالبًا ما تتلف شرائح البلاستيك بسرعة أكبر عند أماكن اتصالها بهيكل البيت ؛ بسبب ارتفاع درجة الحرارة عند هذه النقط ؛ الأمر الذى يزيد من معدل أكسدة البلاستيك فى وجود الأشعة فوق البنفسجية . وتعالج هذه الحالة إما بصبغ البلاستيك فى هذه المواقع بمادة بيضاء عاكسة لأشعة الشمس ، وإما بتغطية البلاستيك فى هذه الأماكن فى البيوت ذات الهيكل الخشبى بشريحة خشبية أعرض من جزء الهيكل المثبت

عليه البلاستيك بمقدار ٢سم ، وتثبت فى الهيكل الخشبى بمسامير .

٢ – يتعرض البلاستيك للتمزق بفعل العواصف الشديدة .

٣ – غالبًا ما يتكثف بخار الماء على الجدر الداخلية للبيوت البلاستيكية بسبب برودة الجو خارج البيت ، عنه داخله مع زيادة الرطوبة النسبية داخل البيت . ويؤدى التكثف إلى تقليل نفاذية البلاستيك للضوء ، كما أن قطرات الماء قد تسقط على النباتات النامية ؛ مسببةً أضرارًا لها .

وتعالج مشكلة التكثف هذه بتصميم البيت بحيث يكون انحدار الجدران بنحو ٣٥ – ٤٠ درجة ؛ حتى تنزلق عليها قطرات الماء بسهولةٍ إلى أن تصل إلى الأرض . كما أن توفير التهوية الجيدة يقلل من مشكلة التكثف . ويمكن رش البلاستيك بمادة مضادة للتكثف تسمى تجاريًا باسم «صن كلير sun clear » ؛ حيث تلغى تمامًا هذه المشكلة .

لكن ظاهرة التكثف لها أهميتها أثناء الليل ؛ إذ يقلل الغشاء المتكثف من فقد الحرارة المكتسبة أثناء النهار بالإشعاع ليلا ؛ نظرًا لأن الماء غير منفذٍ للأشعة تحت الحمراء (Anon. ١٩٨٠) .

كما وجد Feuilloley وآخرون (١٩٩٤) أن تكثف بخار الماء يقلل معامل التوصيل الحرارى للأغطية البلاستيكية ؛ الأمر الذى يساعد على تقليل فقد الحرارة من البيت ليلا ، مع تقليل الفاقد فى الطاقة المستهلكة فى عملية التدفئة إن وُجِدَت . وبالمقارنة . . يؤدى تكثف بخار الماء على الأغطية الزجاجية للبيوت المحمية إلى زيادة معامل توصيلها الحرارى ، وزيادة فقد الحرارة من البيت ليلا .

ولا يجوز استعمال أغشية البوليثيلين التى تخزن وتنقل وهى مطوية فى تغطية الصوبات ؛ لأن موضع الثنى يكون ضعيفًا ، ويتعرض للتمزق فى الجو البارد .

تأثير نوع الغطاء على الإصابة بالأمراض

يؤثر نوع الغطاء على شدة الإصابة بالأمراض من خلال مدى نفاذية مادة الغطاء لكلٍّ من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء .

فالأشعة فوق البنفسجية - التى يتراوح أطوال موجاتها بين ٢٨٠ نانوميتراً و٣٨٠ نانوميتراً (مللى ميكرون) ، والتى تصل إلى سطح الأرض مع الأشعة الشمسية - تشجع على تجرثم عديدٍ من مسببات الأمراض الفطرية . ويؤدى استعمال الأغطية التى تمتص الأشعة فوق البنفسجية إلى تثبيط تجرثم الفطريات ؛ ومن ثم قلة الإصابات المرضية . ومن الأمثلة على ذلك مكافحة مرض الندوة المبكرة فى الطماطم - التى يسببها الفطر Alternaria solani - فى جزيرة كريت باستعمال الأغطية التى تمنع نفاذ الأشعة فوق البفسجية .

كذلك فإن الأشعة تحت الحمراء تصل إلى سطح الأرض نهاراً مع الأشعة الشمسية فى موجات تتراوح أطوالها بين ٧٥٠ نانوميتراً و٢٠٠٠ نانوميتر ، وتؤدى إلى رفع حرارة التربة والنباتات . وفى المقابل تفقد التربة والنباتات حرارتها ليلا فى صورة أشعة تحت حمراء يتراوح أطوال موجاتها بين ٧٠٠٠ - ١٤٠٠٠ نانوميتر ؛ الأمر الذى يؤدى إلى برودة البيوت المحمية ليلا عندما تكون أغطيتها منفذه لهذه الأشعة .

ولانخفاض درجة الحرارة ليلا تأثيراته المباشرة وغير المباشرة على إصابة النباتات بالأمراض ؛ فالنباتات تكون أضعف نمواً وأكثر قابليةً للإصابات المرضية . كما أن الهواء يكون أكثر تشبعًا بالرطوبة - بسبب انخفاض درجة الحرارة - الأمر الذى يناسب معظم إصابات النموات الخضرية المرضية .

وقد وجد Vakalounakis (١٩٩٢) أن نفاذية غطاء الصوبة للأشعة تحت الحمراء ليلا كانت ٧,٣٪ فقط عند استعمال غطاء فينيل vinyl ماصٍّ لهذه الأشعة ، بينما وصلت إلى ٥٠,٩٪ عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى . وقد صاحب ذلك نقص فى الإصابات المرضية (الندوة المبكرة التى يسببها الفطر A. solani ، وعفن الأوراق الذى يسببه الفطر Cladosporium fulvum ، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر Botrytis cinerea) بنسبة تراوحت من ٤٠٪ - ٥٠٪ عندما استعمل الغطاء غير المنفذ للأشعة تحت الحمراء ، كما كانت النباتات أقوى نمواً وأكثر تبكيراً فى الحصاد بنحو شهرين مما كانت عليه الحال عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى .

تجهيز البيت بمناضد الزراعة (البنشات)

لا تستخدم مناضد الزراعة (البنشات) فى الإنتاج التجارى للخضر ، ولكنها قد تستخدم فى الإنتاج التجارى لنباتات الزينة التى تربى فى الأصص ، كما أنها ضرورة فى البيوت المحمية التى تقام لأغراض البحوث . ويصنع هيكل المناضد عادةً من الحديد أو الألومنيوم ، كما قد تصنع الأرجل من مواسير المياه . أما سطح المناضد ، فقد يكون ألواحًا من الحديد ، أو الأسمنت ، أو أية مادةٍ قويةٍ لا تتشبع بالماء .

ومن الضرورى تصميم المناضد ووضعها بحيث تتحقق فيها الشروط التالية :

١ - أن يمكن المرور بينها بسهولة .

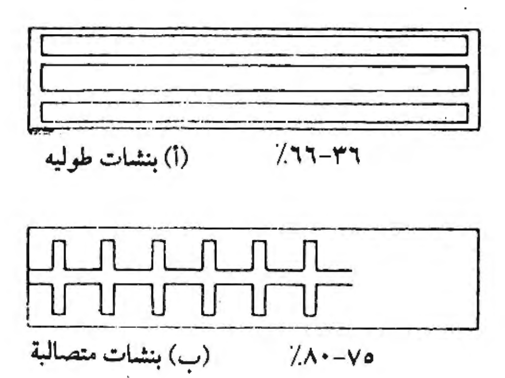
٢ - أن يمكن للعامل الوصول لأبعد نقطةٍ فى المنضدة وهو فى الممر .

٣ - أن يكون ارتفاع المناضد مناسبًا لطبيعة نمو النباتات التى ستربى عليها ؛ فتكون منخفضةً عند استخدامها فى زراعة نباتاتٍ طويلةٍ تربى رأسيًا ، وبارتفاع نحو ٨٠ - ٩٠سم عند استخدامها فى زراعة نباتاتٍ قصيرة . هذا . . ويوجد ارتباط بين ارتفاع المنضدة وعرضها ليسهل الوصول إلى أبعد نقطةٍ فيها .

٤ - أن تشغل المناضد أكبر نسبةٍ من مساحة البيت .

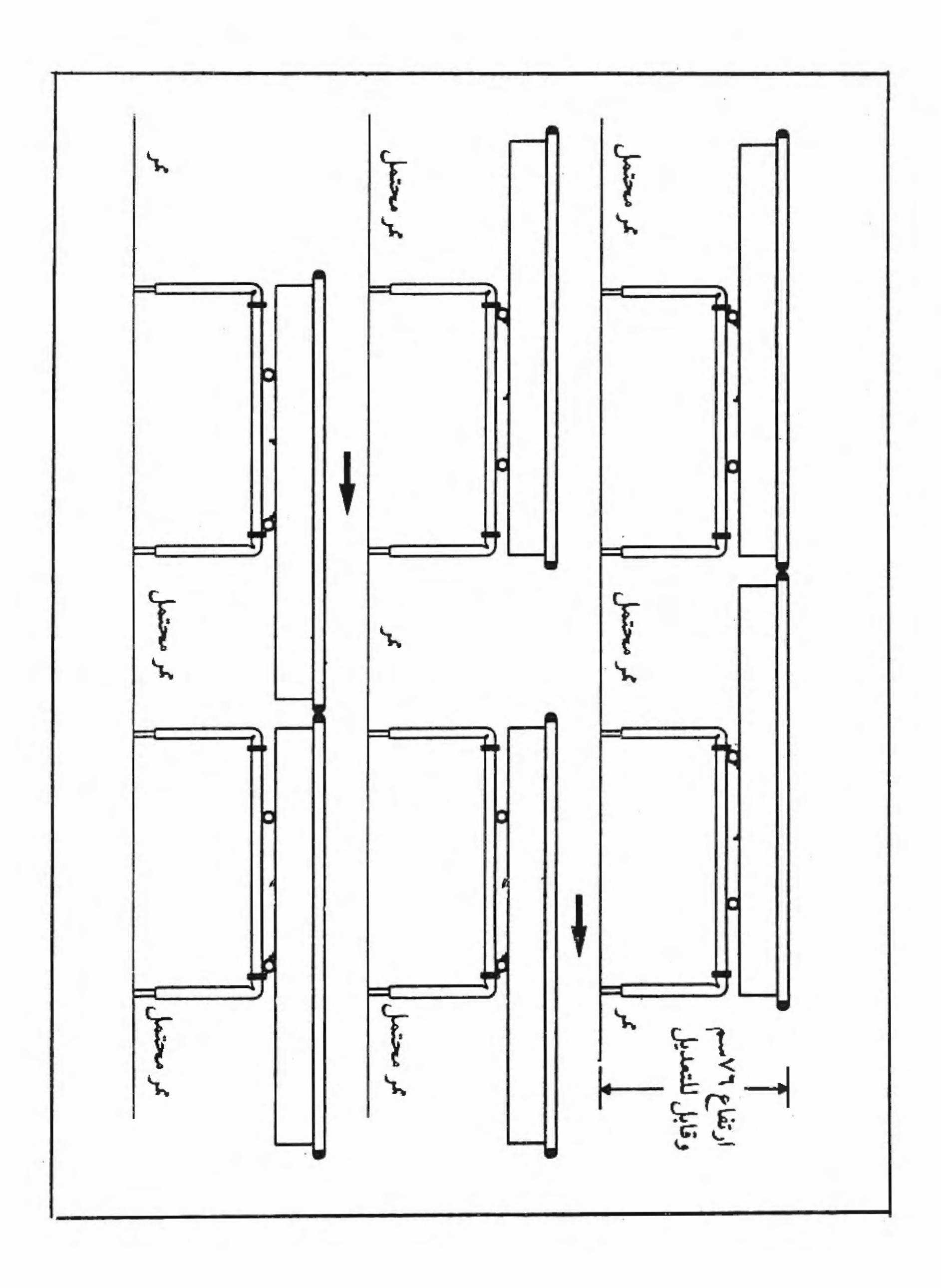
ويوضح شكل (٢ - ١٢) طويقتين من الطرق المتبعة فى تصميم المناضد ووضعها، مع بيان النسبة المئوية التى تشغلها المناضد من أرض البيت فى كل حالة . يسود نظام المناضد الطولية (شكل ٢ - ١٢ أ) لبساطته ، وفيه يبلغ عرض المناضد حوالى متر ، ولكنها قد تكون أعرض من ذلك حتى ١,٥ متر ، لكن المناضد الضيقة مفضلة لإمكان الوصول إلى أبعد نقطةٍ فيها بسهولة . أما المناضد المتصالبة (شكل ٢ - ١٢ ب) ، فإنها تشغل حيزاً أكبر من مساحة البيت (٧٥٪ - ٨٠٪) . ويفضل أن تكون بعرض ١٥٠ - ١٨٠ سم ؛ نظراً لإمكان الوصول إليها من جميع الجهات (Hanan وآخرون ١٩٧٨) .

هذا . . وتقوم بعض الشركات المتخصصة بتصنيع منضداتٍ متحركةٍ تسمح

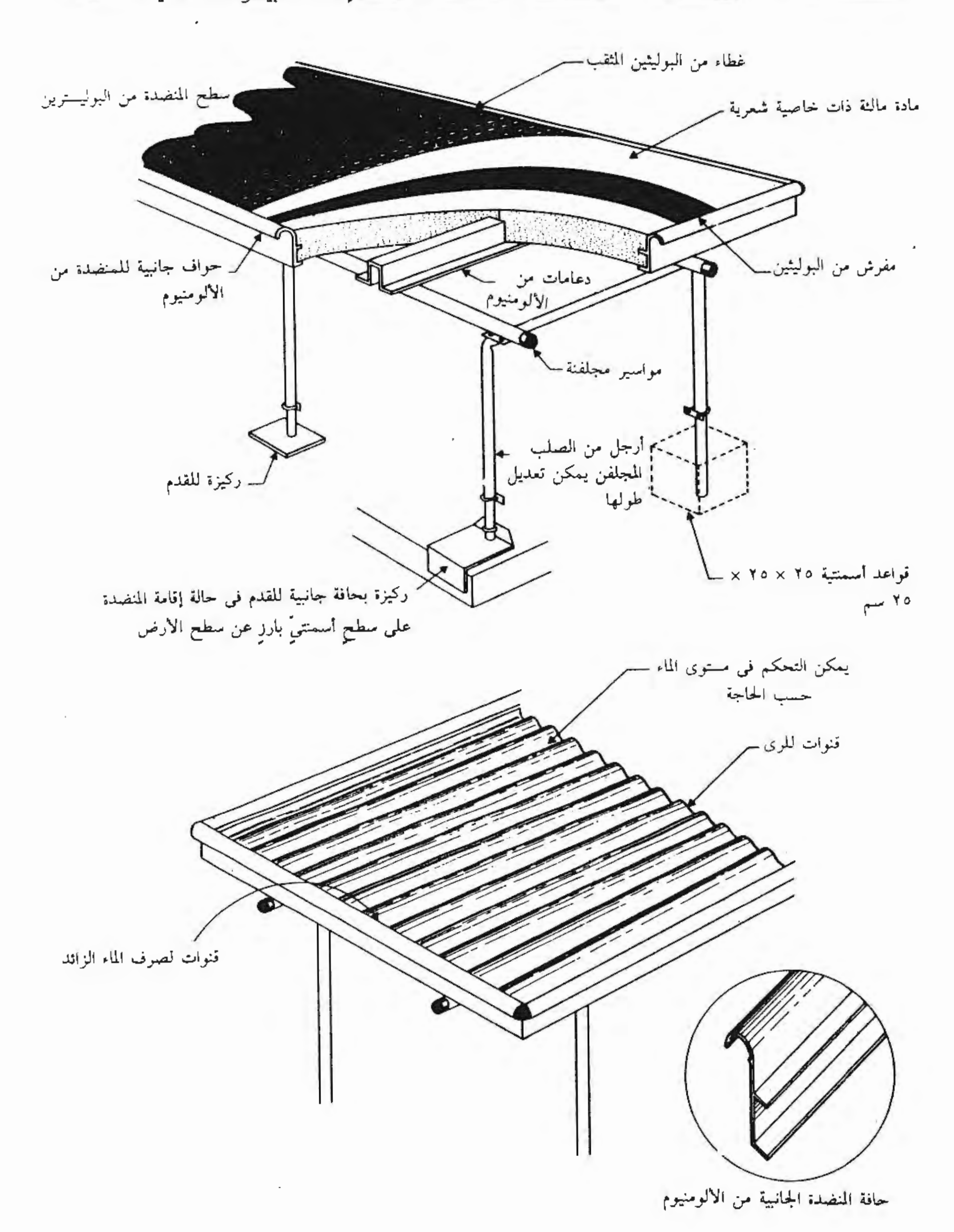


شكل (٢ - ١٢) : طريقتان لتصميم المناضد (البنشات) ، والنسبة المئوية التى تشغلها المناضد من سطح البيت .

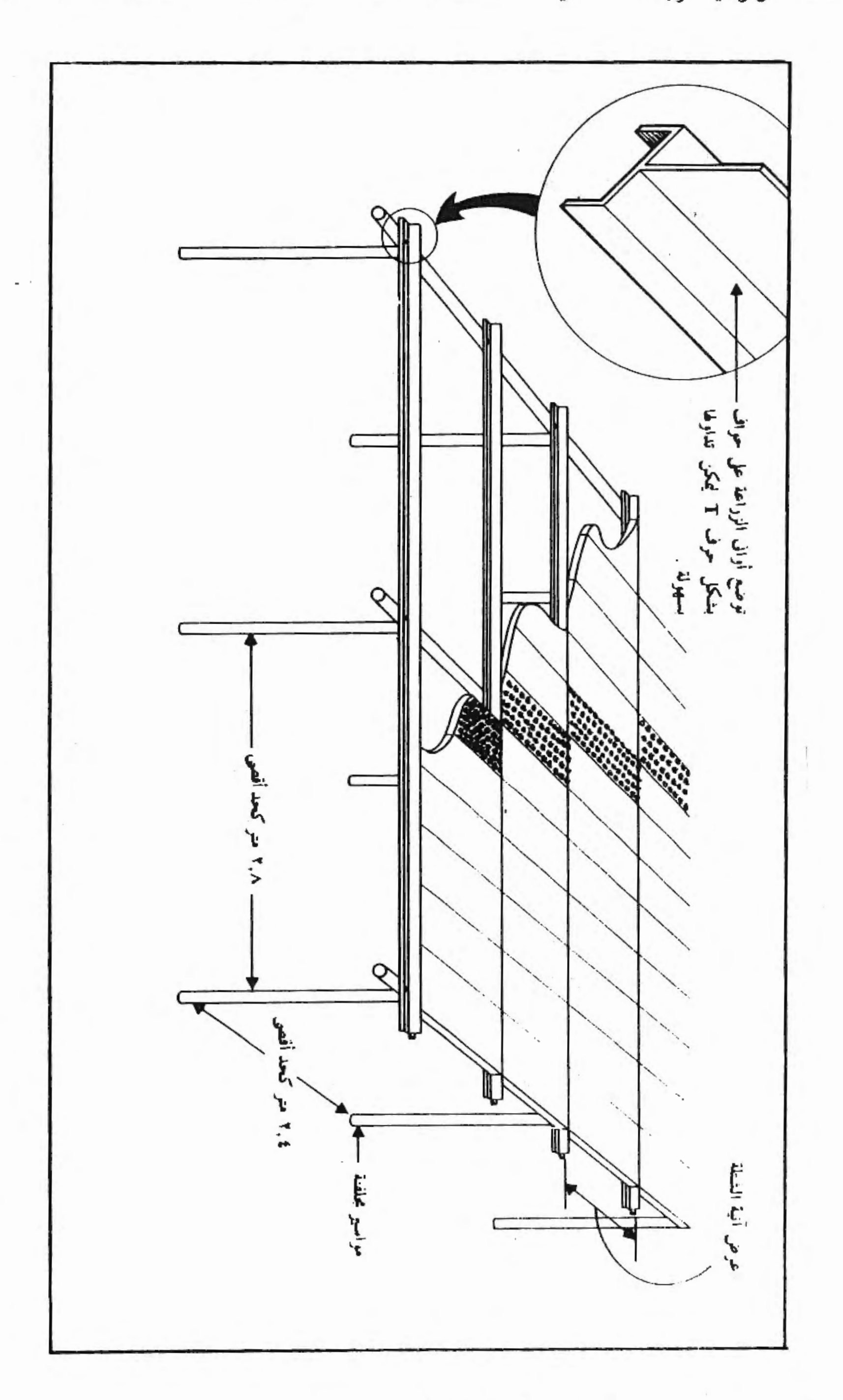
باستغلال ما يقرب من ٩٠٪ من مساحة البيت . ويوضح شكل (٢ - ١٣) طريقة تصميم وحـركة هذه المناضد . وكما هو الأمر مع هياكل البيوت الزجاجية والبلاستيكية ، فقـد قطعت صناعـة مناضـد (بنشات) الزراعة شوطًا متقدمًا ، ويبين شكلا (٢ - ١٤) ، و(٢ - ١٥) خصائص بعض أنواع البنشات (شركة Fordingbridge Engineering - إنجلترا) . ويمكن الاطلاع على مزيدٍ من خصائص مناضد الزراعة من الشركات المختصة مباشرة .



شكل (٢ - ١٣) : رسم تخطيطى يبين طريقة تصميم وحركة مناضد الزراعة .



شكل (٢ - ١٤) : رسم تخطيطى لأحد أنواع مناضد الزراعة .



شكل (٢ - ١٥) : رسم تخطيطى لأحد أنواع مناضد الزراعة .

الفصل الثالث

وسائل التحكم فى العوامل البيئية داخل البيوت المحمية

مقدمة

على الرغم من أن الهدف الرئيسى من الزراعة المحمية كان - وما زال - هو حماية النباتات من الانحرافات الشديدة فى درجات الحرارة ، إلا أن المفهوم العام للزراعة المحمية قد توسع فى السنوات الأخير ليشمل كافة العوامل البيئية - الجوية منها والأرضية - بغرض توفير الظروف المثلى للنمو النباتى لتحقيق أكبر عائدٍ ممكنٍ من وحدة المساحة .

وأهم العوامل البيئية التى يسعى منتج الخضر إلى التحكم فيها فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ - درجة الحرارة .

٢ - الرطوبة النسبية .

٣ - شدة الإِضاءة والفترة الضوئية .

٤ - نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

٥ - بيئة نمو الجذور (التربة والبيئات الصناعية المجهزة) .

٦ - الرطوبة الأرضية .

٧ - العناصر الغذائية .

٨ - الآفات ومسببات الأمراض (سواء منها ما يصيب النباتات عن طريق الجذور ، أم النموات الخضرية) باعتبارها جزءاً من بيئة البيوت المحمية .

ونُلقى الضوء فى هذا الفصل على وسائل التحكم فى العوامل البيئية الأربعة الأولى (درجة الحرارة ، والرطوبة النسبية ، وشدة الإضاءة والفترة الضوئية ، ونسبة غاز ثانى أكسيد الكربون) . كما سبقت لنا مناقشة العوامل الثلاثة التالية (بيئة نمو الجذور ، والرطوبة الأرضية ، والعناصر الغذائية) بالتفصيل فى كتاب «تكنولوجيا إنتاج الخضر» (حسن ١٩٩٧ ب) ، كما نوقش العامل الأخير (الآفات ومسببات الأمراض) فى كتاب «الممارسات الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر» (حسن ١٩٩٨) ؛ الأمر الذى يتطلب مراجعتهما للتفاصيل ، ولكنّا نلقى - كذلك - مزيداً من الضوء على تلك العوامل الأربعة الأخيرة ووسائل التحكم فيها - فى الزراعات المحمية - فى الفصول الأخرى من هذا الكتاب .

أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية

يتعين قبل الدخول فى تفاصيل طرق التدفئة والتبريد وحساباتهما أن نتعرف أولا بعض المصطلحات المستخدمة فى هذا المجال ، وطرق تنظيم درجة الحرارة ، وطرق انتقالها ؛ لما لذلك من أهميةٍ كبيرةٍ فى كلٍّ من البيوت المدفأة والمبردة على حدٍّ سواء .

يعبر عن كمية الحرارة (سواء تلك التى يلزم اكتسابها ، أم تلك التى يلزم التخلص منها) بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units (اختصار Btu) ، وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطلٍ واحدٍ من الماء درجةٍ فهرنهيتية واحدةً .

ونظراً لأن عدد الوحدات الحرارية البريطانية الداخلة فى الحساب يكون - عادة - كبيراً ؛ لذلك فإنه يستعاض عنها بقوة الحصان ، وكل قوة حصان تعادل ٣٣٤٧٥ وحدةً حراريةً بريطانية .

وفى النظام المترى يُعرّف الكالورى Calorie بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة جرامٍ واحدٍ من الماء درجةً مئويةً واحدةً . ويعادل الكيلو كالورى k cal ١٠٠٠ كالورى ، أو ٣,٩٦٨ وحدةً حراريةً بريطانية .

وفى الوحدات الدولية يستعمل الجول Joule (اختصارا : J) كمقياس لكمية الحرارة ، وهو يعادل ٠,٢٣٩ كالورى ، أو ٠,٠٠٠٩٥ وحدة حرارية بريطانية .

ولإجراء التحويـلات اللازمة . . فإن كل وحدةٍ حراريةٍ بريطانيةٍ تعادل ٢٥٢ كالورى ، أو ١٠٥٥ جولا .

هذا . . والوات Watt (اختصاراً W) يساوى جولا واحداً / ثانية .

طرق انتقال الحرارة وأهميتها العملية

تفيد دراسة طرق انتقال الحرارة فى الجوانب التالية :

١ - زيادة كفاءة عملية التدفئة بتقليل فقد الحرارة من داخل البيت إلى خارجه ، مع الاستفادة من الطاقة الشمسية نهاراً ، والحرارة الصادرة من الأجسام الصلبة داخل البيت ليلا .

٢ - زيادة كفاءة عملية التبريد بتقليل اكتساب البيت للحرارة من الجو الخارجى ، مع سرعة التخلص من هذه الحرارة أولا بأول .

وسائل انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بأربع وسائل رئيسيةٍ ؛ هى كما يلى :

١ - الإِشعاع Radiation :

يكون الإِشعاع على صورة موجاتٍ كهرومغناطيسيةٍ تتدفق بانتظامٍ خلال الفضاء ؛ وبذلك فإن انتقال الطاقة فى هذه الصورة لا يكون فى صورة حرارة ؛ لأن ذلك يتطلب حركة جزيئات ، لكن هذا الإِشعاع يتحول إلى طاقة حرارية بمجرد تلامسه مع أى سطح . وتكتسب البيوت المحمية الحرارة نهاراً من الأشعة الشمسية التى تنفذ من خلال غطاء البيت ، ثم تتحول إلى طاقةٍ حراريةٍ عند تلامسها مع التربة والأسطح النباتية وغيرهما من الأجسام الصلبة داخل البيت (جانيك ١٩٨٥) .

وبالمقابل . . فإن الأجسام الدافئة داخل البيت (كالتربة والنباتات) تنطلق منها الحرارة بالإِشعاع إلى الأجسام الباردة خارج البيت ، دون أن يكون لهذه الظاهرة تأثير

ملحوظ على درجة حرارة الهواء الذى تمر من خلاله . يكون هذا الفقد الحرارى فى صورة أشعة طويلة الموجة (تحت الحمراء) ، ويستمر ليلا ونهاراً ، مادامت درجة حرارة الأجسام داخل البيت أعلى من درجة الحرارة خارج البيت .

٢ - التوصيل Transmission :

يتم انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط توصيلٍ من النقط الدافئة إلى الأقل منها حرارة ، كما هى الحال عند فقد الحرارة من البيوت المدفأة ، أو اكتساب البيوت المبردة للحرارة بالتوصيل من خلال الغطاء .

٣ - التلامس أو التخلل أو التسرب Infiltration :

هنا تنتقل الحرارة من سطحٍ مشعٍ إلى الهواء أو الماء المتحرك ؛ فترتفع درجة حرارة الوسط الملامس (الماء أو الهواء) وتقل كثافته ، ويبدأ فى التحرك لأعلى ليحل محله هواء أو ماء أبرد ليكتسب حرارةً من السطح المشع وهكذا . وتلك هى خاصية انتقال الحرارة التى تعتمد عليها طرق التدفئة فى البيوت المحمية . كما تفقد البيوت المدفأة جزءاً كبيراً من حرارتها مع الهواء الدافىء المتسرب منها .

٤ - الانعكاس Reflection :

حيث تنعكس الحرارة - مثلها فى ذلك مثل الضوء - من الأسطح المعدنية المصقولة (Nelson ١٩٨٥) .

الأهمية العملية لدراسة وسائل الفقد الحرارى

يستفاد من دراسة وسائل الفقد الحرارى فى الأمور التالية :

١ - يلزم فى الجو البارد الاستفادة لأكبر درجةٍ ممكنةٍ من الإشعاع الشمسى نهاراً باختيار التصميم والاتجاه المناسبين للبيت والغطاء المنفذ لأكبر نسبةٍ من أشعة الشمس . كما يفضل أن يكون الغطاء غير منفذٍ للأشعة تحت الحمراء للاحتفاظ بها داخل البيت ليلا ونهاراً .

٢ - يلزم فى الجو الحار الصحو خفض نفاذية غطاء البيت للإشعاع الشمسى ، كما

يفضل أن يكون الغطاء منفذًا للأشعة تحت الحمراء ليتم التخلص من الحرارة المكتسبة أولا بأول .

٣ - أما فى الجو المعتدل نهاراً المائل للبرودة ليلا (كما هى الحال فى فصل الشتاء فى المناطق المعتـدلة) ، فإنه يفضل أن يكون غطاء البيت غير منفذٍ للأشعة تحت الحمراء ؛ حتى يمكن الاستفادة من هذه الأشعة ليلا فى رفع درجة حرارة البيت عن الجو الخارجى بنحو ٢ - ٣ درجات ، دون الحاجة إلى عملية التدفئة الصناعية التى تكون - عادة - غير اقتصاديةٍ فى مثل هذه المناطق .

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع نفاذية الأنواع المختلفة من الأغطية للأشعة تحت الحمراء فى الفصل الثانى ، وذكرنا أن أغطية الزجاج والبولى فينايل كلورايد (سمك ٣٢٥ ميكرونًا) تعد غير منفذة ، بينما تعتبر أغطية الفيبرجلاس ، والبوليستر ، والبولى فينايل كلورايد (سمك ٧٥ ميكرونًا) قليلة النفاذية . وتعتبر أغطية البوليثيلين هى الوحيدة المنفذة للأشعة تحت الحمراء . وعلى الرغم من ذلك . . فإن هذه الأغطية يشيع استخدامها فى المناطق المعتدلة ، لكن من حسن الحظ أن هذه الأغطية غالبًا ما تكون مغطاةً من الداخل ليلا بطبقة من قطرات الماء المتكثفة ، والتى تمنع الفقد الحرارى بالإشعاع ؛ نظراً لأن الماء غير منفذٍ للأشعة تحت الحمراء .

ونظرًا لأهمية هذا الموضوع . . فإننا نلقى عليه مزيداً من الضوء تحت العنوان التالى .

تأثير نوع الغطاء على الفقد الحرارى من البيوت المحمية

يبين جدول (٣ - ١) الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية . كما يمكن الاستفادة من الجدول نفسه فى تقدير إمكانية التخلص من الحرارة المكتسبة من الجو الخارجى نهاراً فى البيوت المبردة .

ويتضح من الجدول أن هواء البيت يتغير بالكامل - وفى غياب أية تهوية - بمعدل مرتين فى الساعة فى البيوت الزجاجية ، ويصاحب ذلك فقد كبير للحرارة بالتسرب . تلى ذلك بيوت الفيبرجلاس التى يكون الفقد فيها بالتسرب نصف ما فى البيوت

الزجاجية . أما البيوت المغطاة برقائق البلاستيك ، فلا يحدث فيها أى فقدٍ بالتسرب ؛ نظراً لأنها تكون محكمة الإغلاق .

هذا . . إلا أن تقديراتٍ أخرى تشير إلى أن معدل تغير هواء البيوت فى الساعة يبلغ ٠,٥ - ١,٠ مرة فى البيوت المغطاة بطبقتين من رقائق البوليثيلين ، و٠,٧٥ - ١,٥ مرةً فى بيوت الفيبرجلاس والبيوت الزجاجية الحديثة الإنشاء ، و١ - ٢ مرة فى البيوت الزجاجية القديمة التى ما زالت فى حالةٍ جيدةٍ ، و٢ - ٤ مراتٍ فى البيوت الزجاجية القديمة التى لم تعد فى حالةٍ جيدة .

جدول (٣ - ١) : الفقد الحرارى المتوقع من البيوت المدفأة المغطاة بمختلف أنواع الأغطية (Nelson ١٩٨١) .

نوع الغطاء	الفقد الحرارى بالانتقال[أ] (Btu/ قدم^{٢})	بالتسرب[ب] (عدد مرات تغير الهواء/ ساعة)	بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج	١,١٣	٢	٤,٤
الفيبرجلاس	٠,٩٥ - ١,٠٠	١	١,٠
البوليستر (Mylar)	١,٠٥	-	١٦,٢
البوليثيلين:			
طبقة واحدة	١,٢٠	صفر	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	صفر	-
طبقة واحدة بها خلايا هوائية بقطر ٣/١٦ بوصة	٠,٦٠	-	-

(أ) يعبر عن الحرارة المفقودة بالانتقال بالوحدات الحرارية البريطانية التى تنتقل من خلال قدمٍ مربعٍ من الغطاء فى الساعة عندما تكون الحرارة الخارجية أقل من الداخلية بدرجةٍ فهرنهيتيةٍ واحدة .
(ب) يحدث الفقد بالتسرب من خلال المسافات بين أجزاء الغطاء ، ويعبّر عنها بعدد مرات تغير هواء البيت فى الساعة .

ويبلغ أعلى فقدٍ بالانتقال فى حالة أغطية البوليثيلين ، تليها الأغطية الزجاجية ، فالبوليستر ، فأغطية الفيبرجلاس . وجميعها متقاربة ، لكن معدل الفقد بالانتقال ينخفض كثيراً عند استعمال طبقتين من البوليثيلين العادى ، أو عند استعمال طبقةٍ واحدةٍ بها خلايا هوائية بقطر ٣/١٦ بوصة .

وكما هو متوقع . . فإن النسبة المئوية للفقد الحرارى بالإشعاع تبلغ أقصاها فى البيوت المغطاة بالبوليثيلين ، وتقل كثيراً فى البيوت المغطاة بالبوليستر ، وتكون منخفضة للغاية فى البيوت الزجاجية وبيوت الفيبرجلاس .

ونظراً للارتفاع الكبير فى تكلفة التدفئة فى البيوت المحمية ؛ فقد اتجهت الدراسات نحو إنتاج أنواعٍ من الأغطية تقلل الفقد الحرارى من البيوت المدفأة إلى أدنى مستوى ممكن . ويبين جدول (٣ - ٢) مقارنةً بين الأغطية التقليدية (طبقة واحدة من الزجاج ، أو الفيبرجلاس ، أو البوليثيلين) وعددٍ من الأغطية الأخرى الحديثة فى مقدار الفقد الحرارى الذى يحدث من خلالها .

يتضح من الجدول أن أكثر أنواع الأغطية كفاءةً فى تقليل الفقد الحرارى هو الغطاء المكون من ثلاث طبقاتٍ من الزجاج ، تفصل بين كل طبقتين منها مسافة ٦ مم ، يليها استعمال غطاء أكريلكى Acrylic ذى طبقتين بسمك ١٦ مم ، أو غطاء من البولى كربونات Polycarbonate ذى طبقتين بسمك ١٦ مم . وبالمقارنة . . فإن أقل أنواع الأغطية كفاءةً فى تقليل الفقد الحرارى هو غطاء الفيبرجلاس ، فغطاء البوليثيلين من طبقةٍ واحدةٍ بسمكٍ يتراوح بين ٥٠ ميكرونًا و١٥٠ ميكرونًا ، فغطاء الزجاج العادى المكون من طبقةٍ واحدة . أما باقى الأغطية المذكورة فى الجدول ، فإنها تعد وسطًا فى هذا الشأن .

طريقة حساب احتياجات التدفئة

تستخدم المعادلة التالية لحساب الاحتياجات الحرارية اللازمة لتدفئة البيوت المحمية بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة :

$$H = [A_1 + (A_2 \times R)] \times T \times G \times W \times C$$

حيث إن :

H احتياجات التدفئة مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .

A_1 مساحة غطاء البيت بالقدم المربع .

A_2 مساحة جدران البيت المصنوعة من مواد أخرى غير مادة الغطاء .

جدول (٣ - ٢) : الفقد الحرارى من مختلف أنواع أغطية البيوت المحمية .

نـــــوع الغطـــاء	الفقد الحرارى (U)[أ] Btu	W	الفقد بالاشعاع (٪ من الفقد الكلى)
الزجاج			
طبقة واحدة	١,١٣	٦,٤٠	٤,٤
طبقتان يفصل بينهما مسافة ٦ مم	٠,٦٥	٣,٦٨	
ثلاثة طبقات يفصل بين كل اثنتين منها مسافة ٦ مم	٠,٤٧	٢,٦٦	
البولى فينايل كلورايد	٠,٩٢	٥,٢١	
الفيبرجلاس	١,٢٠	٦,٨٠	١,٠
الاكريلك			
طبقة واحدة بسمك ٣ مم	١,٠٠	٥,٦٧	
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٨ مم	٠,٦٤	٣,٦٣	
البولى كاربونات			
طبقتان بسمك ١٦ مم	٠,٥٨	٣,٢٩	
طبقتان بسمك ٦,٥ مم	٠,٦٩	٣,٩١	
البوليثيلين			
طبقة واحدة بسمك ٥٠ - ١٥٠ ميكرونًا	١,١٥	٦,٥٢	٧٠,٨
طبقتان	٠,٧٠	٣,٩٧	
البوليستر (ميلار Mylar)	١,٠٥	٥,٩٥	١٦,٢
البولى فينايل فلورايد			
طبقة واحدة			٣٠,٠
طبقتان	٠,٧٦	٤,٣١	

(أ) U هى مجموع الفقد الحرارى الناتج من التوصيل والاشعاع ، وتقدر إما بالـ Btu لكل قدم مربع / ساعة / فرق درجة واحدة فهرنهيتية بين الحرارة داخل وخارج البيت ، أو بالـ W لكل متر مربع / ساعة / فرق درجة واحدة مئوية بين الحرارة داخل وخارج البيت .

R مقاومة مادة جدران البيت (غير الغطاء) لتوصيل الحرارة (معبرًا عنها ، بالمقارنة بتوصيل الحرارة فى مادة الغطاء) . ويوضح جدول (٣ - ٣) قيمة R حسب المادة التى تصنع منها جدران البيت .

T أكبر فرق متوقع فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله بالفهرنهيت .

G معامل التوصيل الحرارى للغطاء حسب أكبر فرقٍ متوقعٍ فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله . ويبين جدول (٣ - ٤) قيمة G حسب الفرق المتوقع فى درجة الحرارة .

W معامل سرعة الرياح . يستخرج هذا المعامل من جدول (٣ - ٥) .

C معامل الإِنشاء . تتحدد قيمته بحالة البيت ، وكيفية إنشائه ، ومدى إحكامه ، ويستخرج من جدول (٣ - ٦) حسب حالة البيت (Mastalerz ١٩٧٧) .

جدول (٣ - ٣) : المعامل R للمادة التى تتكون منها جدران البيت السفلية إن وجدت .

مادة جدران البيت السفلية ومواصفاتها	R
ألواح أسبستوس الأسمنت Asbestos Cement Board معرجة بسمك ٩,٥ مم	٠,٩٤
أسمنت :	
سمك ١٠ سم	٠,٧٦
سمك ١٥ سم	٠,٦٧
قوالب أسمنتية :	
سمك ١٠ سم	٠,٥٨
سمك ٢٠ سم	٠,٤٦
قوالب طوب (طابوق) سمك ٢٠ سم	٠,٤٣

جدول (٣ - ٤) : معامل التوصيل الحرارى لغطاء البيت (المعامل G للزجاج [أ]) حسب أكبر فرقٍ متوقعٍ فى درجة الحرارة بين خارج البيت وداخله .

أكبر فرق متوقع لدرجة الحرارة بين خارج البيت وداخله (فْ)	معامل التوصيل G للزجاج
٥٠	١,٠٩
٥٥	١,١٠
٦٠	١,١١
٦٥	١,١٢
٧٠	١,١٣
٧٥	١,١٤

(أ) تلزم جداول بقيمٍ أخرى للمعامل G عندما يكون غطاء البيت من مواد أخرى غير الزجاج .

جدول (٣ - ٥) : معامل سرعة الرياح W .

سرعة الرياح (كيلو متر/ ساعة) [أ]	معامل سرعة الرياح W [ب]	معامل سرعة الرياح البديل [جـ]
٢٤ أو أقل	١,٠٠	١,١٠
٣٢	١,٠٤	١,١٤
٤٠	١,٠٨	١,١٨
٤٨	١,١٢	١,٢٢
٥٦	١,١٦	١,٢٦

(أ) تؤدى زيادة سرعة الرياح عن ٢٤ كيلو متراً فى الساعة إلى زيادة احتياجات التدفئة بنسبة ٤٪ لكل زيادة قدرها ثمانية كيلو مترات / ساعة فى سرعة الرياح .

(ب) يعتبر معامل سرعة الرياح بمثابة معامل تصحيح لمعامل التوصيل الحرارى لمادة غطاء البيت بسبب تأثير زيادة سرعة الرياح على كفاءة الغطاء فى توصيل الحرارة .

(جـ) تستخدم هذه القيم البديلة عندما تدفع أجهزة التدفئة بتيار الهواء الدافئ نحو غطاء البيت .

جدول (٣ - ٦) : معامل الإنشاء C [أ] .

نوع البيت وحالته	معامل الإنشاء C
هيكل البيت من المعادن فقط وشرائح الزجاج بعرض ٦٠ سم	١,٠٨
هيكل البيت من الخشب والمعادن وشرائح الزجاج بعرض ٤٠ أو ٥٠ سم	١,٠٥
هيكل البيت من الخشب وشرائح الزجاج بعرض ٥٠ سم	
البيت محكم الإغلاق	١,٠٠
البيت متوسط الإحكام	١,١٣
البيت غير محكم	١,٢٥
هيكل البيت من الخشب والغطاء من الفيبرجلاس	٠,٩٥
هيكل البيت من المعدن والغطاء من الفيبرجلاس	١,٠٠
هيكل البيت معدنى والغطاء بلاستيكى :	
طبقة واحدة	١,٠٠
طبقتان بينهما فراغ هوائى قدره ٢,٥ سم	٠,٧٠

(أ) يغير هذا المعامل من الاحتياجات الكلية المحسوبة للتدفئة ، ويعتمد على مادة هيكل البيت ، وغطائه ، ومدى إحكامه .

وعلى الرغم من دقة المعادلة السابقة فى تقدير الاحتياجات الحرارية اللازمة ، إلا

أنها تتطلب بيانات كثيرة ربما لا تتوفر لدى المزارع العادى ؛ لذا فإنه يشيع استخدام صور أخرى منها أكثر تبسيطًا من السابقة ، وفيها تحسب احتياجات التدفئة كالتالى :

$$H = u\ A\ (t_i - t_o)$$

حيث إن :

H هى احتياجات التدفئة مقدرةً بالوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة .

u ثابت يتوقف على نوع غطاء البيت (وهو الموضح تحت العمود "Btu" فى جدول (٣ - ٢) .

A مساحة البيت الخارجية بالقدم المربع .

t_i درجة الحرارة الداخلية بالفهرنهيت .

t_o درجة الحرارة الخارجية بالفهرنهيت .

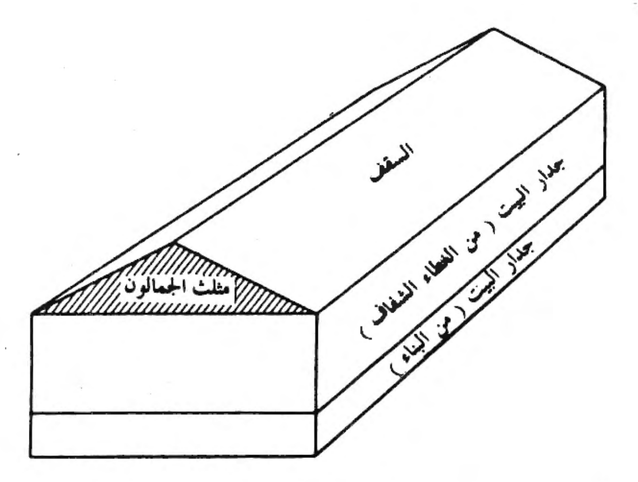
وعلى الرغم من تأثُّر قيمة u بسرعة الرياح ، إلا أن القيم المبينة فى جدول (٣ - ٢) هى المتفق عليها ، على أساس أن متوسط سرعة الرياح يبلغ حوالى ٢٤ كم / ساعة . ولبيان تأثير الرياح فى هذا الشأن ، فإن قيمة u المتفق عليها لغطاء زجاجى من طبقة واحدة - وهى ١,١٣ - تنخفض إلى ١,٠٥ عندما لا يكون البيت معرضًا للرياح ، وتزيد إلى ١,١٥ فى حالة تعرض البيت للرياح .

ويعنى استخدام هذه المعادلة أنه فى حالة البيوت البلاستيكية المغطاة بطبقة واحدة من البوليثيلين يلزم ١١٥٠ وحدةً حراريةً بريطانية / ساعة / ١٠٠٠ قدم^2 من المساحة الخارجية للبيت لكل درجة فهرنهيتية واحدة من الفرق فى درجات الحرارة داخل وخارج البيت (Sheldrake وآخرون ١٩٦٢ ،و Sheldrake ١٩٦٧) .

طريقة حساب المساحة الخارجية للبيت المحمى

يتطلب حساب احتياجات التدفئة (وكذلك التبريد) فى البيوت المحمية معرفة المساحة الخارجية للبيت . ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت ، كما يلى :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت Even Span :



شكل (٣ - ١) : رسم تخطيطى للبيت الجمالونى المتناظر الانحدار على الجانبين even span ، يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

تتكون الأسطح الخارجية من (شكل ٣ - ١) مما يلى :

أ - الجانبان الطوليان للبيت ؛ وهما مستطيلان .

ب - الجانبان القصيران للبيت ؛ ويتكون كل منهما من :

(١) الجزء السفلى، وهو مستطيل.

(٢) الجزء العلوى (تحت الجمالون) ؛ وهو مثلث يتساوى فيه ضلعان .

جـ - جانبا السقف المنحدران ؛ وهما مستطيلان .

وتحسب أطوال ومساحة الأشكال الهندسية المختلفة كالتالى :

مساحة المستطيل = الطول × العرض

مساحة المثلث الذى يتساوى فيه ضلعان = نصف القاعدة × الارتفاع . وتعتبر قاعدة المثلث هى الجانب القصيرللبيت ، أما ارتفاعه ، فهو المسافة من مركز الجمالون إلى الأرض ، مطروحا منها ارتفاع الجانب الرأسى من البيت .

طول الضلع القصير لكل من جانبى السقف المنحدرين (أو وتر مثل الجمالون)

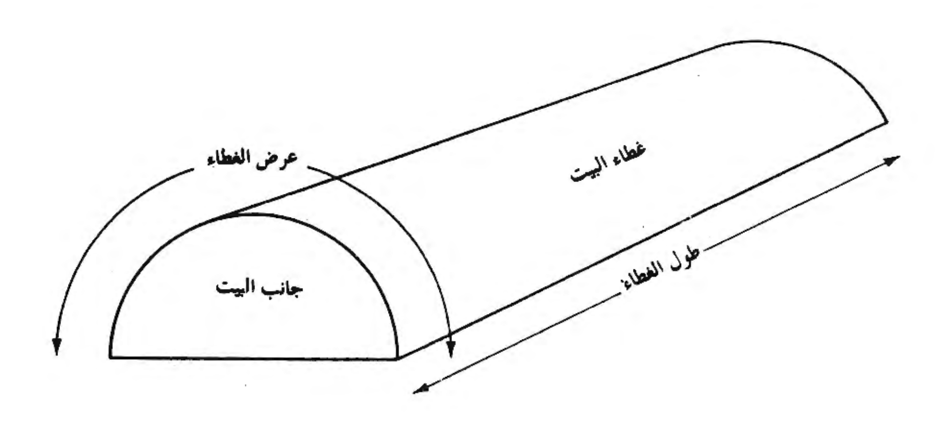
= $\sqrt{\text{مربع نصف قاعدة مثلث الجمالون + مربع ارتفاع مثلث الحمالون}}$

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيتٍ بمثابة يصف أسطوانة (شكل ٣ - ٢) وتحسسب مساحته الخارجية بالمعادلة التالية :

المساحة الخارجية للبيت = ١/٢ (٢ ط نق ل + ٢ ط نق٢) .

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ونق = ارتفاع البيت ، و ل = طول البيت .



شكل (٣ - ٢) : رسم تخطيطى للبيت النصف أسطوانى quonset يبين الأجزاء المختلفة من البيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

٣ - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

تتكون الأسطح الخارجية للبيت من :

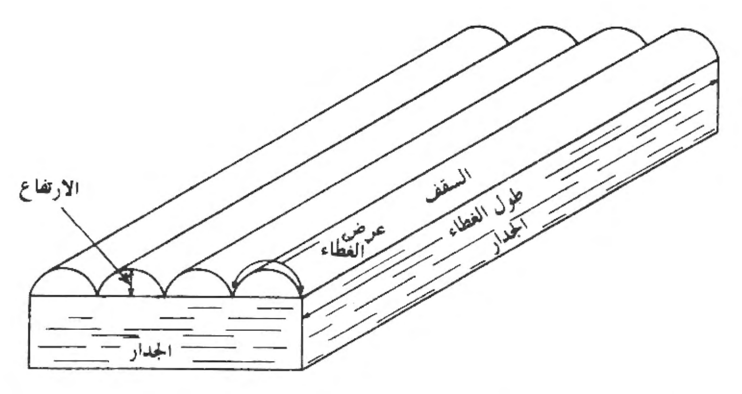
أ - الجزء السفلى للبيت ، ويتكون من :

(١) الجانبان الطوليان للبيت ، وهما مستطيلان .

(٢) الجانبان القصيران للبيت ، وهما مستطيلان .

ب - الجزء العلوى للبيت ، ويمكن اعتباره نصف أسطوانة ، وتحسب مساحته كما فى حالة البيوت النصف أسطوانية .

ويبين شكل (٣ - ٣) مجمعًا من البيوت المتصلة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور .



شكل (٣ - ٣) : رسم تخطيطى لمجموعة من البيوت المتلاصقة ، كل منها على شكل نصف أسطوانىّ محور modified quonset يبين الأجزاء المختلفة للبيت اللازمة لحساب مساحته الخارجية واحتياجات التدفئة .

طريقة حساب حجم البيت

تتوقف قوة التدفئة أو التبريد اللازمين للبيت على حجمه . ويمكن تقدير ذلك فى الأنواع المختلفة من البيوت كالتالى :

١ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت even span :

يقدر حجم البيت من المعادلة التالية :

$$V = L \times [(He \times W) + (\frac{Hr \times W}{2})]$$

حيث إن V = حجم البيت ، و L = طول ، و He = ارتفاع الجانب الرأسى من البيت ، و W = عرض البيت ، و Hr = ارتفاع مثلث جمالون السقف .

كما يمكن حساب حجم البيت بطريقةٍ مختصرةٍ كما يلى (مع الرجوع إلى شكل ٣ - ٤ أ بخصوص الرموز المستخدمة فى المعادلة) :

$$V \text{ (حجم البيت) } = \frac{h + H}{2} \times L \times W$$

٢ - البيوت المفردة النصف أسطوانية Quonset :

يعتبر كل بيت بمثابة نصف أسطوانة ، ويحسب حجمه بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت × (١/٢ × ط نق٢)

حيث إن نق = نصف عرض البيت .

٣ - البيوت المفردة ذات الشكل النصف أسطوانى المحور Modified quonset :

يتكون البيت من جزأين ؛ هما :

أ - الجزء السفلى ، وهو متوازى مستطيلات .

ب - الجزء العلوى ، وهو نصف أسطوانة ، فيها نصف القطر يساوى ارتفاع هذا الجزء .

وبالتالى ، فإنه يمكن حساب حجم البيت بالمعادلة التالية :

حجم البيت = طول البيت [(عرض البيت × ارتفاع الجزء السفلى) + (ط × مربع ارتفاع الجزء العلوى) / ٢]

حيث إن ط = ٣,١٤٢ ، ومربع ارتفاع الجزء العلوى = نق٢ .

٤ - البيوت المفردة المستندة إلى مبنى (يراجع شكل ٣ - ٤ ب) :

$$V \text{ (حجم البيت) } = \frac{h + H}{2} \times L \times W$$

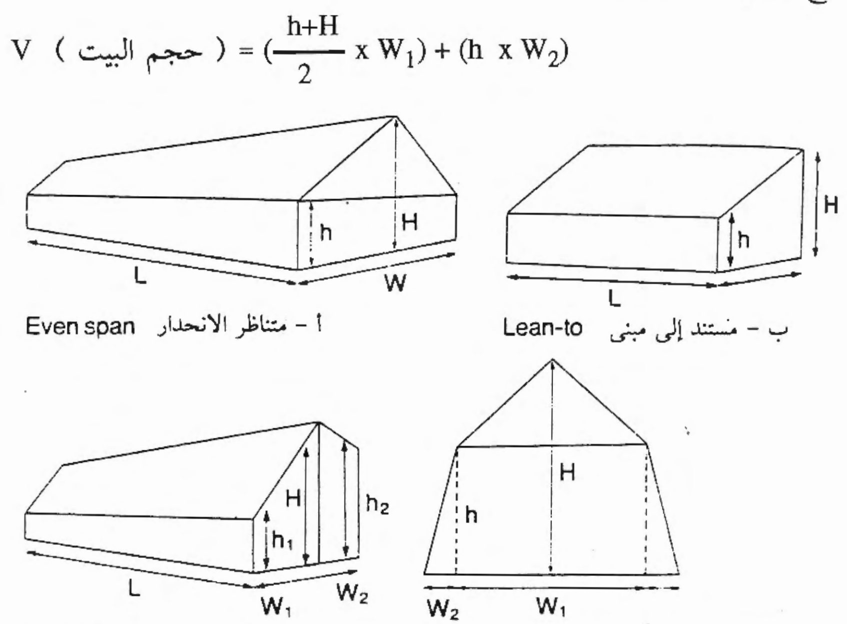
٥ - البيوت المفردة ثلاثة أرباع الجمالون Three-quarter span (يراجع شكل ٣ - ٤ جـ) :

$$V \text{ (حجم البيت) } = \left(\frac{h_1+H}{2} \times L \times W_1\right) + \left(\frac{h_2+H}{2} \times L \times W_2\right)$$

٦ - البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى والجوانب المنحدرة Sloping sides

(يراجع شكل ٣ - ٤ د) :

$$V \text{ (حجم البيت) } = \left(\frac{h+H}{2} \times W_1\right) + (h \times W_2)$$



شكل (٣ - ٤) : أشكال بعض أنواع البيوت المحمية وطريقة حساب أحجامها ، يراجع المتن للتفاصيل (عن Boatfield & Hamilton ١٩٩٠) .

منظم الحرارة

يستخدم منظم الحرارة Thermostat فى تنظيم درجة الحرارة داخل البيوت المحمية ، ويعمل الجهاز على التحكم فى درجة الحرارة عن طريق التشغيل الآلى لأجهزة التدفئة والتبريد ونظام التهوية ، سواء بالتحكم فى تشغيل المراوح ، أم فتح وإغلاق منافذ التهوية . ويتم تحديد ذلك - سلفًا - بضبط المنظم على درجات الحرارة التى يتعين عندها تشغيل أو إيقاف أىٍّ من هذه الأجهزة . ومن الأهمية بمكانٍ أن يكون منظم الحرارة على درجةٍ كبيرةٍ من الحساسية ؛ حتى لا تحدث تغيرات كبيرة عن درجة الحرارة المرغوبة ؛ مما تكون له تأثيرات ضارة على النباتات ، فضلا على زيادة استهلاك الوقود دون داع .

ولكى تكون كفاءة منظم الحرارة أعلى ما يمكن ، تتعين مراعاة ما يلى بشأنه:

١ - يجب أن يوضع المنظم فى مكانٍ يمثل متوسط درجة الحرارة فى البيت ، على أن يؤخذ فى الحسبان موضع أنابيب التدفئة أو المدفئات والتيارات الهوائية . وغالبًا ما يوضع المنظم بالقرب من وسط البيت .

٢ - يجب أن يكون موضع المنظم قريبًا من مستوى القمة النامية للنباتات .

٣ - يجب إبعاد المنظم كليةً عن أشعة الشمس المباشرة التى تؤدى إلى رفع درجة حرارته عن درجة حرارة الهواء المحيط به . ويتحقق ذلك بوضعه داخل صندوقٍ خشبيٍّ ، مع طلاء السطح الخارجى للصندوق باللون الأبيض أو الفضى لعكس أشعة الشمس .

٤ - كما يجب أن يكون المنظم فى مكانٍ جيد التهوية ، ويتحقق ذلك بجعل جوانب الصندوق على شكل ريشٍ تعلو واحدة فوق الأخرى لتسمح بمرور الهواء من خلاله . ويفضل تزويد جانب الصندوق بمروحةٍ تدفع الهواء داخل الصندوق بسرعة ١٨٠ مترًا / دقيقة .

٥ - تجب إضافة منظمٍ آخر داخل الصندوق مع ضبطه على حرارة ١٠°م ؛ بحيث يعطى رنين جرس فى منزل المزارع إذا انخفضت درجة الحرارة إلى هذا الحد . ويفيد ذلك فى تدارك الأمر فى حالة فشل أجهزة التدفئة ؛ حيث يكون هناك متسع من الوقت قبل انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد . كما يجب أن يكون مصدر الطاقة لهذا المنظم من بطاريةٍ أو من مولدٍ احتياطيٍّ لضمان عمله حتى فى حالة انقطاع التيار الكهربائى .

٦ - يجب وضع ترمومترٍ آخر عاديٍّ داخل الصندوق ؛ للتأكد من دقة عمل منظم الحرارة .

وسائل التوفير فى الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد

لا تعتبر دراسة أساسيات التحكم فى درجة الحرارة فى البيوت المحمية كاملةً ، دون الإشارة إلى الوسائل المستخدمة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد ؛ لأن تطبيقها يفيد فى تحقيق قدرٍ أكبر من التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت .

وفيما يلى بيان بالطرق والوسائل المتبعة بغرض توفير الطاقة اللازمة للتدفئة أو التبريد فى البيوت المحمية :

١ - اختيار تصميم البيت وتحديد اتجاهه بما يتناسب والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ؛ نظرًا لأن كلا الأمرين يؤثر على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ؛ ومن ثم على كمية الطاقة الحرارية التى تصل إلى البيت مع الأشعة الشمسية ، وقد سبقت مناقشة كلا الأمرين .

٢ - اختيار نوع الغطاء وسمكه بما يتناسب أيضًا والظروف الجوية السائدة فى المنطقة ؛ نظرًا لأن الغطاء لا يؤثر فقط على كمية الضوء التى تنفذ داخل البيت ، بل يؤثر أيضًا على فقد الحرارة من داخل البيت إلى الخارج ، سواء أكان ذلك الفقد بالتوصيل ، أم بالإشعاع ، أم بالتسرب ، وقد سبقت أيضًا مناقشة موضوعى تأثير الغطاء على نفاذية الضوء ، وعلى فقد الحرارة .

٣ - استعمال طبقتين أو ثلاث طبقات من الغطاء بدلا من طبقة واحدة ؛ نظرًا لأن ذلك يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بدرجة كبيرة . فإذا كان معامل التوصيل الحرارى لطبقة واحدة من الغطاء واحدًا صحيحًا ، فإن هذه القيمة تنخفض بنسبة ٤٢٪ ، و٥٨٪ عند استخدام طبقتين وثلاث طبقات من الزجاج على التوالى ، وبنسبة ٤٠٪ عند استخدام طبقتين من البوليثيلين (جدول ٣ - ٢) . ويعنى ذلك انخفاض احتياجات التدفئة والتبريد بالنسبة نفسها.

٤ - ضرورة إقامة البيوت المحمية بجانب مصدات الرياح لخفض معامل سرعة الرياح (W) فى حسابات التدفئة (جدول ٣ - ٥) .

٥ - الاهتمام بحالة البيت ومدى إحكامه ، وتغيير الزجاج المكسور أولا بأول لخفض معامل الإنشاء C فى حسابات التدفئة (جدول ٣ - ٦) .

٦ - التقليل - قدر المستطاع - من حركة الهواء الدافىء قريبًا من جدران البيت ؛ لأن هذه التيارات الهوائية تزيد من فقد الحرارة بالتوصيل . ويمكن التحكم فى ذلك الأمر بالاختيار الأمثل لوضع المدفئات وأنابيب التدفئة فى البيت .

٧ - يجب توجيه الهواء البارد (فى البيوت المبردة) فى مسار يتخلل النباتات ، مع التقليل - قدر المستطاع - من حركته أعلى النباتات (فى قمة البيت) أو أسفلها (فى حالة الزراعة على المناضد) ؛ نظرًا لأن هذه المسارات تقلل كثيرًا من كفاءة عملية التبريد .

٨ - الاستفادة القصوى من عملية التهوية فى خفض احتياجات التبريد ، أو الاستغناء عنها نهائيًا فى المناطق المعتدلة .

٩ - يمكن خفض الفاقد فى الحرارة ليلا بمقدار ٧٠٪ - ٨٠٪ فى البيوت المحمية التى تتكون أسقفها من طبقتين من الغطاء بدفع رغوة foam خاصة بين الطبقتين . ويتم ذلك بدفع تيارٍ من الهواء فى سائلٍ يتمدد بمقدار ١٠٠٠ ضعف ، مكونًا الرغوة التى تنتشر بين طبقتى الغطاء . هذا . . وتتلاشى الرغوة فى خلال نصف ساعة ، ويتجمع السائل من جديدٍ فى خزانٍ خاصٍ؛ ليتم ضخه من جديدٍ حسب الحاجة . (ويمكن استخدام النظام نفسه للحماية الجزئية من أشعة الشمس القوية نهارًا) (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

١٠ - تغطية البيوت المحمية بشباك التظليل من أعلى البلاستيك ؛ بهدف خفض احتياجات التبريد . وتتوفر الشباك بنسب تظليل تتراوح بين ١٠٪ و٩٠٪ حسب الحاجة . ويمكن فى حالة عدم توفر شباك التظليل رش السطح الخارجى للبيت بالجير فى بداية فصل الصيف .

١١ - يمكن تحسين التدفئة ليلا بملء أنابيب بلاستيكيةٍ واسعةٍ بالماء ، مع جعلها ممتدةً على سطح التربة قريبًا من خطوط الزراعة ؛ حيث يكتسب الماء كميةً كبيرةً من الحرارة نهارًا ؛ نظرًا لارتفاع حرارته النوعية ، ثم يفقدها ليلا بالإشعاع إلى جو البيت بالقرب من النباتات (شكل ٣ - ٥ ، يوجد فى آخر الكتاب) .

ويذكر Tüzel (١٩٩٤) أن استعمال هذه الأنابيب فى البيوت البلاستيكية فى تركيا أدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٣٠٠٪ ، فى الوقت الذى أدت فيه الأنابيب إلى خفض درجة الحرارة العظمى بمقدار ٢,٤°م ، وزيادة درجة الحرارة

الصغرى - ليلا - بمقدار : ١,٣٦°م على ارتفاع ٥٠سم من سطح التربة ، و١,٤٩°م على ارتفاع ١٠سم من سطح التربة ، و٠,٦٨°م على عمق ١٠سم فى التربة .

١٢- استعمال ستائر حرارية متحركة Mobile Thermal Screens تُضم نهاراً لتسمح بنفاذ الأشعة الشمسية ، وتُفرد ليلاً لتمنع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التى تنبعث من التربة والنباتات داخل البيت (عن Koning ١٩٨٨) . هذا .. ولم يجد Pirard وآخرون (١٩٩٤) أية اختلافات بين خمسة أنواع من الستائر الحرارية (هى : ستائر البوليثيلين ، والبوليستر ، والبوليستر المغطى بالألومنيوم بنسبة ٥٠٪ ، أو ٧٥٪ أو ١٠٠٪) ؛ حيث وفّرت جميعها فى استهلاك الطاقة بنسبة ٢٠٪ .

وقد قارن Abak وآخرون (١٩٩٤) استعمال غطاء البوليثيلين المفرد مع كلٍّ من الغطاء المزدوج ، والغطاء المزدوج مع ستارة من البوليستر المغطى بالألومنيوم ، والغطاء المفرد مع ستارة من البوليثيلين ، ووجدوا أن استعمال غطاءٍ مفردٍ مع ستارةٍ متحركةٍ من البوليثيلين أعطى أعلى محصولٍ كليٍّ من الطماطم (١٠,٣٣كجم /م٢ مقارنةً بـ ٨,٦٦ كجم/ م٢ فى الكنترول) ، وكان ذلك مُصَاحبًا بارتفاع قدره ٣,٤°م فى درجة الحرارة الصغرى .

الغطاء البلاستيكى المزدوج واهميته

سبق أن بينا أن استعمال طبقتين من الغطاء البلاستيكى بدلا من طبقةٍ واحدةٍ يقلل معامل التوصيل الحرارى للغطاء بنسبة ٤٠٪ ، ويخفض احتياجات التدفئة - والتبريد - بالقدر نفسه . ولهذا .. فقد اتجهت الدراسات نحو الاستفادة من هذه الخاصية . وكانت البداية فى البيوت البلاستيكية ؛ نظرًا لرخص أغطية رقائق البلاستيك كثيراً عن ألواح الزجاج أو الفيبرجلاس .

هذا .. ولتحقيق أكبر قدر من الاستفادة من طبقتى الغطاء فى خفض معامل التوصيل الحرارى يلزم تأمين مسافة أربعة سنتيمترات من الهواء الساكن dead air space بين الطبقتين تعتبر بمثابة وسادةٍ هوائيةٍ air cushion عازلة ؛ لأن نقص المسافة بينهما عن ذلك يقلل من أهميتهما فى خفض معامل التوصيل الحرارى . وفى حالة

تلامسهما ، فإنهما يعملان معًا كطبقةٍ واحدةٍ ، ولا يؤثران على معامل التوصيل . أما فى حالة زيادة المسافة بينهما ، فإنّ ذلك يكون مصاحبًا بتحركات الهواء المحصور بينهما ، فإذا ما وصلت المسافة بينهما إلى ٢٠سم ، تولدت تيارات هوائية تحمل الحرارة من الطبقة الداخلية إلى الطبقة الخارجية ، ثم إلى الجو الخارجى ؛ وبذلك تنخفض كفاءتهما فى العزل الحرارى .

يتم تثبيت طبقتى البلاستيك من خارج البيت . ويفضل أن تكون شريحة البلاستيك الخارجية بسمك ١٥٠ ميكروناً ، والداخلية بسمك ١٠٠ ميكرون. ويتم تأمين الوسادة الهوائية بين طبقتى البلاستيك بدفع تيارٍ مستمرٍ من الهواء بينهما ، ويجرى ذلك بتخصيص موتورٍ صغيرٍ لدفع الهواء motor blower لكل بيتٍ يكون قادرًا على دفع ٠,٧٥ - ١,٥٠م^{3} من الهواء / دقيقة ، وبقوة نصف حصانٍ تقريبًا ، ويستهلك ٤٠ وات / ساعة . ويجب أن يكون الضغط بين شريحتى البلاستيك ٥ - ٧,٥مم ماء . ويمكن قياس ذلك بواسطة مانومتر manometer يتم تصنيعه من أنبوبةٍ بلاستيكيةٍ شفافةٍ بطول ٦٠سم تُثنى على شكل حرف U ، وتُثبت على لوحةٍ خشبيةٍ يوضع أحد طرفيها بين شريحتى البلاستيك ، والطرف الآخر داخل البيت ، ومع إضافة ١٥ - ٢٠ سم طولى من الماء فى الأنبوبة يمكن قراءة الفرق بين مستوى سطح الماء فى طرفى الأنبوبة . وكل فرقٍ مقداره ٥ مم يعنى ضغطًا مقداره رطل واحد / بوصة مربعة . هذا . . ويمكن تدريج الأنبوبة واستعمال ماء ملونٍ ليمكن رؤيته بسهولة .

ومن أهم مزايا استخدام طبقتين من البلاستيك ما يلى :

١ - خفض معامل التوصيل الحرارى من ١,٣٥ إلى ٠,٧ ، ويتبع ذلك توفير احتياجات التدفئة والتبريد بمقدار ٤٠٪ ، وارتفاع درجة الحرارة الصغرى أثناء الليل .

٢ - تقليل أو منع ظاهرة التكثف ، ويتبع ذلك نقص أو انعدام الأضرار التى تصاحب تساقط قطرات الماء على النباتات .

٣ - زيادة مقدار الضوء النافذ نتيجة لقلة أو انعدام ظاهرة التكثف .

٤ - يكون من الأسهل الاحتفاظ بدرجة حرارةٍ ثابتةٍ داخل البيت .

٥ - زيادة المحصول .

٦ - تكون الشريحة البلاستيكية الثانية بمثابة ضمانٍ لوقاية المزروعات فى حالة

التلف المفاجىء لإحدى الشريحتين ، خاصة فى الجو الشديد البرودة أو الحرارة (Sheldrake ١٩٦٩ و١٩٧١ ، و Nelson ١٩٨٥ ، و Campiotti وآخرون ١٩٩١) .

لكن من عيوب استخدام طبقتين من الغطاء خفض نسبة الضوء النافذ إلى داخل البيت بدرجة يسيرة (جدول ٣ - ٧) . وبينما يعد هذا الانخفاض فى نسبة الضوء النافذ أمرًا قليل الأهمية فى المناطق المعتدلة ، وقد يكون مرغوبًا فى المناطق الحارة ، إلا أنه يعد عيبًا كبيرًا فى المناطق الباردة التى تنخفض فيها شدة الإضاءة كثيرًا .

جدول (٣ - ٧) : تأثير وجود طبقتين من الغطاء على نفاذيته للضوء .

الغطاء	نفاذية الغطاء للضوء (٪) فى حالة وجود	
	طبقة واحدة	طبقتين
زجاج (سمك ٣,٢مم)	٨٨ - ٨٩	٧٨ - ٨٠
فيبرجلاس (سمك ٦,٤مم)	٨٦	٧٥ - ٧٧
بوليثيلين (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩١ - ٩٢	٨٣ - ٨٤
بولى فينايل كلورايد (سمك ١٠٠ ميكرون)	٩٢ - ٩٣	٨٦ - ٨٧

ويؤيد ذلك دراسة أُجريت فى البرتغال (خلال الفترة من يناير إلى يولية) قُورن فيها تأثير استعمال غطاء من البوليثيلين (بسمك ٢٠٠ ميكرون) أو غطاءين (بسمك ٢٠٠ ميكرون + ٨٠ ميكرونًا) ، مع الزراعة فى الحقل المكشوف ؛ حيث وُجد ما يلى :

١ - كانت حرارة الهواء ليلا تحت الغطاء المزدوج أعلى بمقدار درجتين مما فى الحقل المكشوف ، وأعلى بمقدار درجةٍ واحدةٍ مما تحت الغطاء المفرد .

٢ - كان الإشعاع المؤثر فى عملية البناء الضوئى أقل تحت الغطاء المزدوج بمقدار ٢٠٪ مقارنةً بالإشعاع تحت الغطاء المفرد ، وبلغ ٥٥٪ فقط من إجمالى الإشعاع فى الحقل المكشوف .

٣ - كانت حرارة التربة أعلى عندما استعمل غطاء مزدوج ، مقارنةً باستعمال غطاءٍ مفرد ، وذلك فى شهر يناير ، ولكن ارتفعت درجة حرارة التربة بسرعةٍ أكبر بكثير

تحت الغطاء المفرد مقارنةً بالغطاء المزدوج خلال الشهور التالية ؛ حتى أصبح الفارق بينهما ٣ - ٤ْم (أعلى تحت الغطاء المفرد) فى شهر مايو .

٤ - كانت النباتات تحت الغطاء المزدوج أطول منها تحت الغطاء المفرد ؛ بسبب زيادة استطالة سلامياتها .

٥ - أدى استعمال الغطاء المزدوج إلى نقص المحصول الكلى بنسبة ٤,٦٪ ، ولكن لم يختلف استعمال الغطاء المزدوج معنويًا عن استعمال الغطاء المفرد فى كلٍّ من المحصول المبكر وعدد الثمار الكلى (Vargues وآخرون ١٩٩٤) .

كذلك وجد Basçetinçelik وآخرون (١٩٩٤) أن نمو نباتات الطماطم لم يختلف تحت الغطاء البلاستيكى المزدوج عنه تحت الغطاء المفرد ، على الرغم من أن الغطاء المزدوج أدى إلى نقص نفاذ الأشعة المؤثرة فى عملية البناء الضوئى - إلى داخل البيت - بمقدار ٥٪ - ١٠٪ ، ونقص نفاذ الإشعاع الكلى بمقدار ٢٥٪ - ٢٩٪ مقارنةً بالغطاء المفرد .

طرق التدفئة

تتعدد وتتنوع الطرق المستخدمة فى تدفئة البيوت المحمية ، ولكل طريقةٍ الظروف الخاصة التى تناسبها . ويمكن توصيل جميع نظم التدفئة بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها ؛ بحيث تظل درجة الحرارة دائمًا فى الحدود المسموح بها . ويستثنى من ذلك التدفئة بالمدفئات الغازية ، ومدافئ الكيروسين ، والبارافين ، حيث يتم تشغيلها يدويًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ويفضل نظام التدفئة المركزية Centeral heating فى تجمعات البيوت المتصلة .

ويلزم فى جميع نظم التدفئة التى تعتمد على الكهرباء فى تشغيلها لتوليد الحرارة أن يوجد مصدر إضافى للتدفئة، أو مولد كهربائى احتياطى للاستعانة بأى منهما فى حالة انقطاع التيار الكهربائى.

وفيما يلى عرض للطرق المتبعة فى تدفئة البيوت المحمية :

التدفئة بأنابيب الماء الساخن وأنابيب البخار

يعتمد كلا النظامين على تسخين الماء فى غلايات boilers ، ثم نقله فى صورة ماءٍ

ساخنٍ أو بخارٍ فى أنابيب خاصةٍ إلى داخل البيت الذى تتم تدفئته بالإشعاع الحرارى من الأنابيب .

وفى حالة التدفئة بأنابيب الماء الساخن hot water pipes يتم تسخين الماء فى مراجل خاصة ، ثم يدفع فى شبكة أنابيب التدفئة داخل البيت بمضخةٍ خاصةٍ تعمل بصورةٍ دائمةٍ . وعندما تصل درجة الحرارة داخل البيت إلى حدها الأقصى يقوم منظم الحرارة بتحويل دوران الماء آليًا ليستمر داخل الأنابيب فقط ، دون الرجوع إلى المراجل . وعندما يبرد الماء داخل الأنابيب ، وتصل درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأدنى المسموح به يقوم منظم الحرارة بفتح الصمام الذى يسمح بدوران الماء داخل المراجل ، ثم إلى الأنابيب ؛ وبذلك يعاد تسخينه . وقد يُوَصَّل المنظم بالمضخة مباشرة ؛ بحيث لا يضخ الماء إلا عند انخفاض درجة حرارة البيت إلى الحد الأدنى المسموح به .

وإلى جانب منظم الحرارة السابق الذى يتحكم فى حركة دوران الماء فى الأنابيب ، فإنه يوجد منظم آخر لحرارة الماء (aquastat) يتصل بالمرجل ، ويتحكم فى إشعال جهاز تسخين الماء وإطفائه تلقائيًا للمحافظة على درجة حرارة الماء ، والتى تكون عادة فى حدود ٨٠ْم - ٨٥ْم .

أما فى حالة التدفئة بأنابيب البخار steam pipes ، فإن الماء يتم تسخينه إلى درجة حرارة ١٠٢ْم ، بحيث يتحول إلى بخارٍ تحت ضغط خفيف يصل إلى حوالى ٠,٣٥كجم / سم٢ . وينظم صمامٌ آلىٌّ دورانَ البخار داخل الأنابيب ، وفى فتح الصمام الذى يسمح بإدخال البخار إليها . هذا . . وتكون أنابيب التدفئة مائلةً قليلا من أجل إعادة الماء الناتج من تكثف البخار مرةً أخرى إلى المرجل ؛ لإعادة تبخيره واستعماله فى التدفئة من جديد .

ويعيب هذا النظام عدم تجانس التدفئة داخل البيت ؛ نظرًا لأن الهواء المجاور للأنابيب يكون ساخنًا بدرجةٍ كبيرةٍ ؛ الأمر الذى قد يضر بالنباتات القريبة منها .

ويمكن الاستفادة من مرجل البخار فى تعقيم التربة أيضًا (عرقاوى ١٩٨٤) .

هذا . . وقد كان المتبع قديمًا استعمال أنابيب حديديةٍ بقطر ١٠ سم للتدفئة . هذه الأنابيب كان يعيبها ضعف كفاءتها ؛ نظرًا لبطء إشعاع الحرارة منها ، فضلا على

صعوبة تداولها ، نظرًا لضخامتها . وقد تغير ذلك الآن إلى استعمال أنابيب بقطر ٥سم للماء الساخن ، وبقطر ٣ - ٣,٥سم للبخار .

ويمكن تقدير الطول اللازم من الأنابيب لتدفئة البيت إذا علمت احتياجات التدفئة من الوحدات الحرارية البريطانية فى الساعة ؛ لأن كل ٣٠سم طوليةٍ من الأنابيب تشع :

١٦٠ وحدةً حراريةً بريطانية / ساعة فى حالة الأنابيب بقطر ٥ سم ، وعند استخدام ماء حرارته ٨٢ْم .

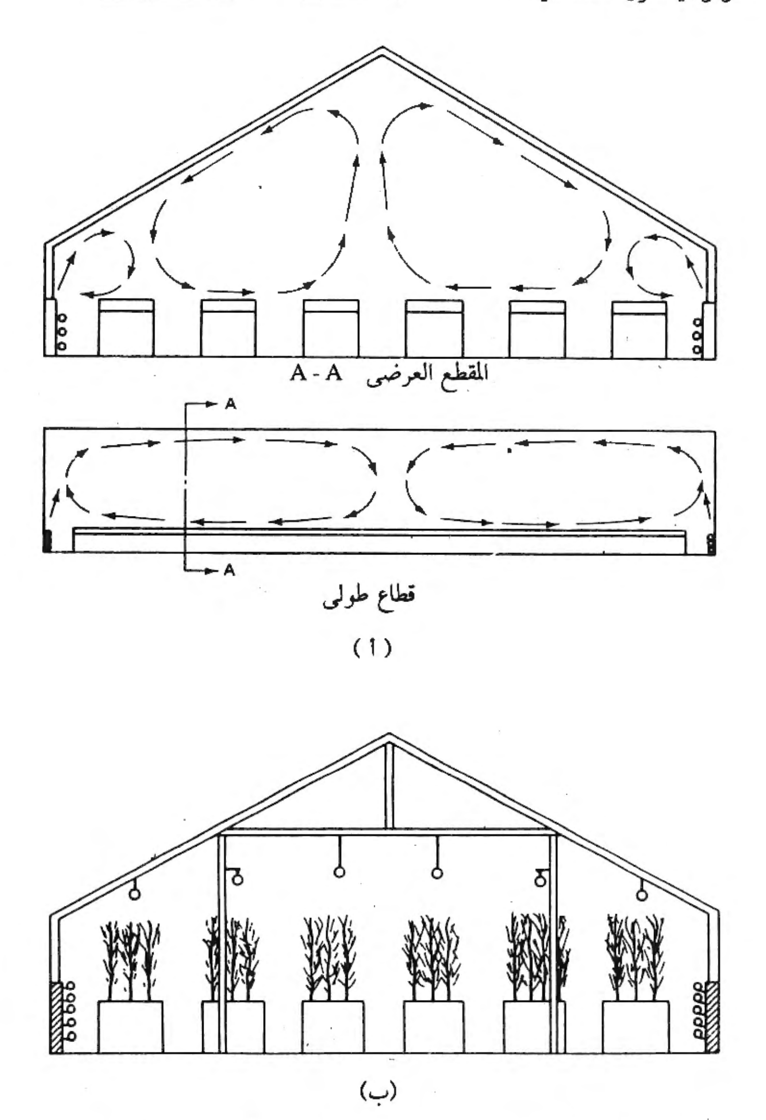
٢١٠ وحداتٍ حراريةٍ بريطانية / ساعة فى حالة الأنابيب بقطر ٣,٥ سم ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢ْم .

١٨٠ وحدةً حراريةً بريطانية / ساعة فى حالة الأنابيب بقطر ٣ سم ، وعند استخدام بخار حرارته ١٠٢ْم .

وطبيعى أن يزيد الطول اللازم من الأنابيب عن محيط البيت ؛ الأمر الذى يستلزم معه عمل عدة طبقاتٍ من الأنابيب .

ولا يجوز تكديس كل الأنابيب قرب الجدر الجانبية للبيت ؛ نظرًا لأن ذلك يؤدى إلى تولد تياراتٍ هوائيةٍ غير مرغوبة ؛ حيث يتصاعد الهواء الدافئ مباشرة موازيًا لجدار البيت حتى يصل إلى السقف ، ثم يتحرك جانبيًا إلى أن يتقابل مع تيارٍ مقابلٍ له من الجانب الآخر ؛ فيتجه إلى أسفل منتصف البيت بعد أن يكون قد برد من جراء تلامسه مع جدران البيت والسقف ، وبعد ذلك يمر على النباتات وهو بارد ؛ فلا تتحقق بذلك الفائدة المرجوة من التدفئة ، (شكل ٣ - ٦ أ) . ولهذا السبب يجب توزيع الأنابيب بحيث يكون بعضها بامتداد خطوط الزراعة أو أعلى مستوى النباتات إلى جانب الأنابيب الجانبية (شكل ٣ - ٦ ب) . وتجدر الإشارة إلى أن تكدس الأنابيب بعضها فوق بعضٍ يقلل من فاعليتها ، إلى درجة تجعل كل خمس أنابيب متقاربةٍ توازى فى كفاءتها أربع أنابيب منفردة .

وقد استخدم نوع جديد من الأنابيب ذو سطح خارجى كبير، يطلق عليه اسم الأنابيب الزعنفية أو المجنحة fin pipes ، وهى أنابيب عادية ، إلا أن لها عديداً من



شكل (٣ - ٦) : (أ) مسار التيارات الهوائية عند وجود أنابيب التدفئة على جانبى البيت . (ب) أنابيب للتدفئة على جانبى البيت ، وأخرى أعلى مستوى النباتات للتغلب على مشكلة تحرك الهواء خلال النباتات بعد أن يفقد حرارته .

الأسطح المعدنية الرقيقة البارزة التى تعمل على زيادة مسطحها الخارجى ؛ ومن ثم زيادة فعاليتها فى إشعاع الحرارة إلى الهواء المحيط بها . ولهذه الأنابيب المقدرة على إشعاع الحرارة بما يعادل ٤ - ٥ أضعاف الأنابيب العادية .

التدفئة بتيارات الهواء الدافىء

تستخدم فى التدفئة بنظام تيارات الهواء الدافئ Circulating Warm Air مراوح كهربائية ؛ لتحريك الهواء الذى يتم إنتاجه بمدافئ كهربائية أو بوحدات تدفئة تعمل بالنفط أو بالغاز . والطريقة الثانية أرخص من استعمال المدافئ الكهربائية ، وفيها يتم حرق النفط أو الغاز خارج البيت ؛ حيث تطلق نواتج الاحتراق بالجو الخارجى ، بينما يدفع تيار الهواء الدافئ المحيط بوحدة حرق الوقود بواسطة مراوح كهربائيةٍ فى أنابيب بلاستيكيةٍ مثقبةٍ تمتد أعلى مستوى النباتات بطول البيت ؛ حتى يتوزع بصورةٍ متجانسةٍ فى جميع أنحاء البيت .

المدافئ الكهربائية

تعتبر المدافئ الكهربائية Electric Heaters أنظف وأسهل طرق التدفئة ، لكن يعيبها ارتفاع تكاليفها . وقد تنطلق الحرارة منها من خلال أنابيب مشعة ، أو بواسطة المراوح .

مدافئ الكيروسين أو البارافين

لا تستخدم مدافئ الكيروسين أو البارافين إلا فى البيوت الصغيرة الحجم . وهى قليلة التكاليف وسهلة الاستعمال ، لكن يعيبها أنه لا يمكن ربط تشغيلها بمنظم للحرارة ، كما تنطلق منها بعض الغازات السامة التى تضر بالنباتات ؛ مثل : غاز ثانى أكسيد الكبريت . ولتلافى هذه العيوب يراعى أن يستعمل فى تشغيلها وقود ذو نوعية جيدة ، مع تشغيلها بصورةٍ سليمةٍ تقلل من انطلاق الغازات السامة .

ويجب توصيل الهواء إلى المدفأة بأنبوبةٍ خاصةٍ تمتد إلى خارج البيت ؛ نظرًا لأنها تحتاج إلى الأكسجين لعملها ، بينما تكون البيوت البلاستيكية غالبًا محكمة الإغلاق . وكقاعدة عامة . . تلزم بوصة مربعة (٦,٢٥ سم^{٢}) من مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء لكل ٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية (Btu) ؛ وعليه . . يجب أن تكون مساحة مقطع الأنبوبة الموصلة للهواء نحو ٣٠٠ سم^{٢} لتشغيل مدفأة قوتها ١٠٠٠٠٠ وحدةٍ حراريةٍ بريطانية .

التدفئة بالطاقة الشمسية

يعمل نظام التدفئة بالطاقة الشمسية Solar Heating على مبدأ تخزين الحرارة الناتجة من أشعة الشمس نهارًا بواسطة تسخين الماء وحفظه فى خزانات لإعادة استخدامه فى التدفئة ليلا .

تُجمع الحرارة من أشعة الشمس بواسطة ألواحٍ خاصة مطليةٍ باللون الأسود لزيادة قدرتها على امتصاص الحرارة التى لا تلبث أن تنتقل منها بالتوصيل إلى طبقةٍ رقيقةٍ من الماء تمر بداخلها ، ويدور الماء من أنابيب التسخين إلى خزانٍ متصلٍ بها ببطءٍ بواسطة مضخةٍ خاصةٍ توجد فى خزان الماء . وتقوم مضخة أخرى بدفع الماء الساخن للدوران فى شبكة أنابيب التدفئة فى البيت .

وتجدر الإشارة إلى أن كفاءة هذه الطريقة فى التدفئة تتأثر بشدةٍ ، وتنخفض كثيراً فى الجو الملبد بالغيوم ؛ الأمر الذى يدعو إلى تجهيز البيت بنظام تدفئةٍ احتياطيٍّ كمواقد الكيروسين مثلا (عرقاوى ١٩٨٤) .

كما يستفاد من الطاقة الشمسية فى تدفئة نوعٍ من البيوت المحمية يطلق عليها اسم Solar Green houses . وقد أُنشئت أول مجموعة من هذه البيوت بمعهد الأبحاث الزراعية الوطنى (INRA) فى Montfavet بفرنسا ، وهى بيوت زجاجية تتكون أسقفها من طبقتين من الزجاج : العلوية منهما زجاج عادى، والسفلية عبارة عن نوعٍ خاصٍّ يمتص الأشعة تحت الحمراء . ويمر على طبقة الزجاج السفلية تيار مستمر من الماء يقوم بامتصاص الحرارة نهارًا ، ويستخدم فى التدفئة ليلا ، ويحفظ الماء فى مخازن تحت الأرض خارج البيت . وعندما تتغير حرارة الماء بدرجةٍ كبيرةٍ ، فإنه يخلط بماءٍ جوفيٍّ يسحب أولا بأول بطلمبات خاصة ، علمًا بأن حرارة الماء الأرضى تتراوح دائمًا بين ١٢°م و١٥°م .

وبهذه الطريقة لا تحتاج هذه البيوت إلى أية تدفئةٍ أو تبريد ،ولكن المحصول يقل فيها قليلا ؛ نظرًا لضعف شدة الإضاءة بها شتاءً .

التدفئة بالأشعة تحت الحمراء

يؤدى استخدام الأشعة تحت الحمراء فى التدفئة إلى رفع درجة حرارة النباتات

فقط ، مع بقاء هواء البيت باردًا ، لكن تظهر اختلافات فى درجة الحرارة بين أجزاء النبات الواحد ؛ لأن الأجزاء المظللة لا تصل إليها الأشعة ، وتبقى باردة .

وبالمقارنة بالطرق الأخرى للتدفئة ، فإن هواء البيت - فى حالة التدفئة بالأشعة تحت الحمراء - يكون أبرد ، وتكون رطوبته النسبية أعلى (Knies & Breuer ١٩٨٠) . وقد ناقش Challa (١٩٨٠) تأثير استخدام الأشعة تحت الحمراء فى تدفئة البيوت المحمية على المحاصيل المختلفة من عدة جوانب ؛ منها الاختلافات فى درجات حرارة الهواء والتربة والنبات ، والعلاقات المائية .

تدفئة التربة عن طريق مواسير الصرف

وجد Gent & Malerba (١٩٩٤) أن دفع هواءٍ ساخنٍ من خلال مواسير الصرف المغطى تحت مصاطب الزراعة أدى إلى رفع حرارة التربة من ١٠°م إلى ٢٠°م خلال أسبوعٍ واحدٍ من المعاملة فى منتصف مارس، بينما لم تصل حرارة التربة فى معاملة الشاهد إلى هذه الدرجة إلا فى شهر مايو (بولاية كونيكيتكت الأمريكية) . وقد أدت المعاملة إلى زيادة محصول الطماطم المبكر بنسبة ١٤٪ ، والمحصول الكلى بنسبة ١٦٪، ومحصول ثمار الدرجة الأولى بنسبة ١١٪ .

طرق التبريد

تعد البيوت المحمية المبردة ضرورةً لا غنى عنها لإنتاج الخضروات خلال شهور الصيف فى بعض دول العالم ، والتى من أمثلتها دول الخليج العربى التى يزيد المعدل الشهرى لدرجة الحرارة العظمى فى معظم أرجائها عن ٤٠°م خلال الفترة من مايو حتى سبتمبر . وقد تصل درجة الحرارة العظمى فى بعض أيام الصيف إلى ٤٨°م - ٥٠°م ؛ الأمر الذى يستحيل معه إنتاج معظم محاصيل الخضر فى الحقول المكشوفة ، فضلا على انخفاض الرطوبة النسبية فى المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل إلى مستوياتٍ تقل غالبًا عن ١٥٪ ، وهى دون الحد المناسب للنمو النباتى ، والتلقيح ، وعقد الثمار .

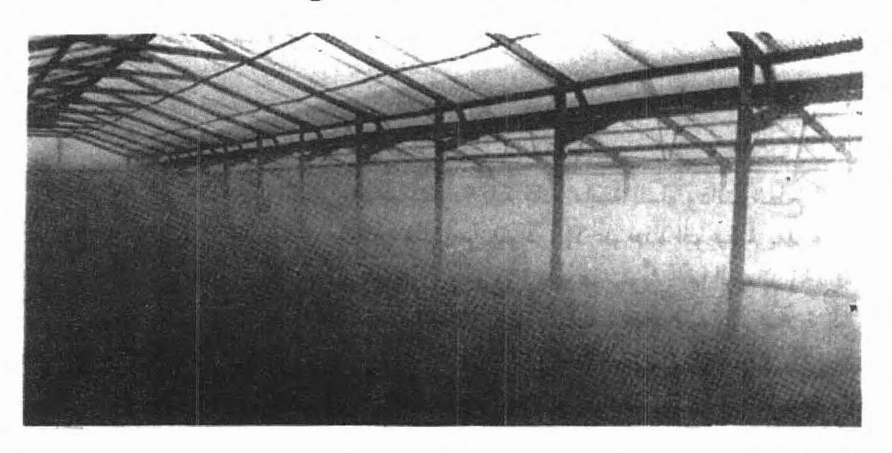
وحتى يمكن إنتاج الخضر خلال هذه الأشهر الشديدة الحرارة فى هذه المناطق ،

فإنه يتعين خفض درجة الحرارة بمقدار ١٥°م ، ورفع الرطوبة النسبية إلى نحو ٧٠٪ - ٨٠٪ ، ولا يتأتى ذلك إلا داخل البيوت المحمية المبردة .

هذا .. وتتبع طريقتان رئيسيتان فى تبريد البيوت المحمية ؛ هما : التبريد بالرذاذ أو الضباب ، والتبريد بمبردات الهواء . أما التبريد بمكيفات الهواء ، فلا يصلح للإنتاج التجارى للخضر ؛ نظرًا لارتفاع تكاليفه ، ولكنه قد يستخدم فى البيوت المخصصة للبحوث العلمية .

التبريد بالرذاذ أو الضباب

يعرف نظام التبريد بالرذاذ أو الضباب mist باسم « التضبيب» misting . ويتم فى هذه الطريقة ضخ الماء تحت ضغط مرتفع لا يقل عن ٤٢ كجم / سم^{٢} (٦٠٠ رطل / بوصة^{٢}) فى أنابيب تثبت أعلى مستوى النباتات ؛ حيث يخرج الماء من بشابير خاصة على شكل رذاذ دقيق جدًا يشبه الضباب (شكل ٣ - ٧) ، فيتبخر بسهولة ؛ ومن ثم تنخفض درجة الحرارة ، كما ترتفع الرطوبة النسبية ، ويلزم لنجاح هذه الطريقة أن تتوفر كميات كبيرة من الماء الخالى - تقريبًا - من الأملاح .



شكل (٣ - ٧) : التبريد بـ «التضبيب» (رذاذ الماء الشبيه بالضباب) .

وقد يستعمل نظام التبريد بالضباب منفردًا ، كما هى الحال فى المناطق المعتدلة ، أو مع نظام التبريد بمبردات الهواء فى المناطق الشديدة الحرارة . ففى المناطق المعتدلة يفيد

الضباب فى تلطيف جو البيت وخفض درجة الحرارة بعد الظهيرة حين لا تكون التهوية كافية بمفردها لخفض حرارة البيت . كما يساعد الضباب على زيادة الرطوبة النسبية إلى الدرجة التى تسمح بالعقد الجيد لثمار بعض المحاصيل كالقاوون . أما فى المناطق الحارة ، فإن الضباب يساعد - مع مبردات الهواء - على إحداث خفضٍ أكبر فى درجة الحرارة ؛ نظرًا لأن المبردات قد لا تكفى بمفردها فى الفترات الشديدة الحرارة . ويستفاد من ذلك أنه ينصح بتركيب نظام «التضبيب» فى جميع البيوت المحمية فى المناطق المعتدلة والحارة على حدٍّ سواء .

ويمكن الاستفادة من نظام التبريد بالضباب فى تزويد النباتات بجزءٍ من مياه الرى التى تلزمها . وقد لا تروى النباتات إلا بالرذاذ ، لكن يعيب هذه الطريقة أن أرض البيت تصبح موحلة . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بفرش الممرات بالبلاستيك أو بالزراعة فى بالات القش المضغوط .

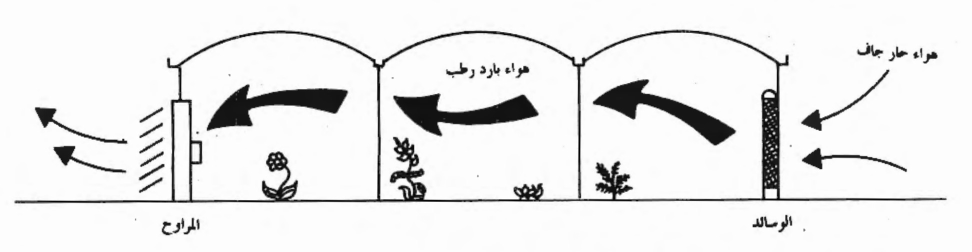
ومن ناحيةٍ أخرى . . استُعمِل الرذاذ مع شباك التظليل - خارجيًا - فى خفض درجة الحرارة داخل الصوبات . فمثلا . . قام Willits & Peet (١٩٩٤) بوضع شباك من البوليثيلين الأسود - توفر تظليلا بنسبة ٥٥٪ - خارجيًا ، وعرضها للرذاذ يومًا ، مع تركها دون رذاذٍ يومًا آخر . . وهكذا بالتبادل - يوميًا - لمدة ٩ أسابيع (ابتداءً من ١٠ يولية فى ولاية كارولينا الشمالية الأمريكية) ، وكان تشغيل الرذاذ لمدة ٣٠ ثانيةً كل ٣ دقائق كلما ازداد الإشعاع الشمسى عن ٤٠٠ واط (W) / م^{٢} . أدت هذه المعاملة إلى خفض درجة الحرارة داخل الصوبة ، وقللت الحاجة إلى التبريد (مع التوفير فى كمية المياه والطاقة المستهلكة فى عملية التبريد) ، وخفضت درجة الحرارة القصوى للأوراق بنسبة ٨,٣٪ ، وللتربة بنسبة ١٧,٦٪ مقارنة بمعاملة الشاهد التى بُرِّدت بنظام المروحة والوسادة فقط .

التبريد بمبردات الهواء

يطلق على نظام التبريد بمبردات الهواء Air Coolers اسم التبريد الصحراوى ، أو نظام المروحة والوسادة Fan and Pad System .

طريقة عمل مبردات الهواء

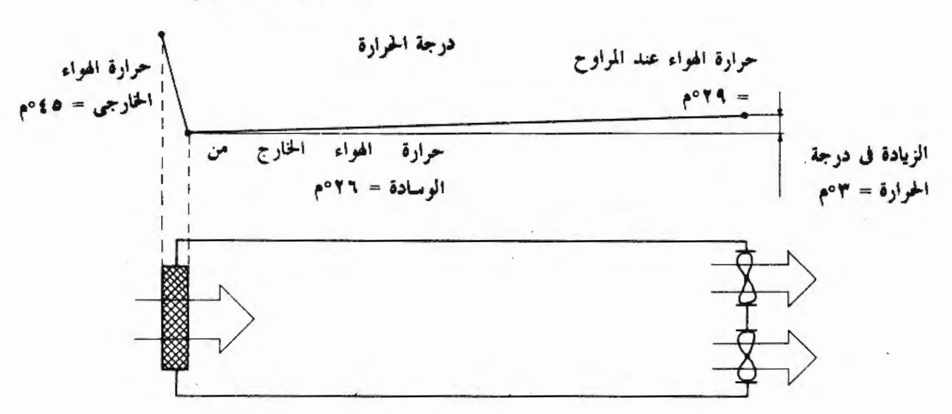
يعتمد التبريد فى هذه الطريقة على تبخر الماء من وسائد pads مبتلة عن طريق إجبار تيار من الهواء بالمرور من خلالها . يتم إيصال منظم للحرارة بمروحةٍ كبيرةٍ توجد فى أحد جانبى البيت ، بينما توجد الوسائد فى الجانب الآخر . وعند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به يقوم المنظمٍ بتشغيل كل من مروحةٍ ومضخة ماء . تقوم المضخة بدفع تيار من الماء أعلى الوسائد لجعلها رطبة بصفةٍ دائمة ، بينما يؤدى تشغيل المروحة إلى إحداث تفريغ داخل البيت ، يتبعه اندفاع الهواء من خلال الوسائد المبتلة ؛ حيث يتبخر جزء من الماء ؛ ومن ثم يكون الهواء الداخل إلى البيت باردًا أو رطبًا (شكل ٣ - ٨) . أما الماء الذى لا يتبخر ، فإنه يتجمع أسفل الوسادة ليتم ضخه مرة أخرى . . . وهكذا .



شكل (٣ - ٨) : مسار الهواء فى البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .

ويتم التبريد فى هذا النظام على أساس أن تبخر الماء يحتاج إلى طاقة ، وأن هذه الطاقة تؤخذ من الوسادة أو الهواء المحيط بها ؛ وعليه . . تنخفض درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت عن الجو الخارجى ، وقد يصل الفرق فى درجة الحرارة بين الهواء الداخل إلى الوسادة والهواء الخارج منها إلى ٦ - ١٤°م ، لكن ترتفع درجة حرارة الهواء الذى يمر خلال البيت تدريجيًا ، ويقدر الفرق بين درجتى الحرارة عند الوسادة وعند المروحة بنحو ٣ - ٤ درجات مئوية (شكل ٣ - ٩) .

ولتحقيق ذلك . . يتعين أن يكون غطاء البيت سليمًا تمامًا ، وأن تكون جميع الأبواب ومنافذ التهوية مغلقةً ، وإلا اندفع الهواء الخارجى من خلالها - بدلا من مروره من خلال الوسائد - الأمر الذى يؤدى إلى رفع درجة حرارة الصوبة .



شكل (٣ - ٩) : التغيرات فى درجة حرارة الهواء المارّ خلال البيوت المبردة بنظام المروحة والوسادة .

الوسـائد Pads

كانت الوسـائد تصنع من أكياسٍ شبكيةٍ مملوءة بأية مادةٍ ماصةٍ للماء وذات سطحٍ كبير ؛ مثل القش ، أو «برى» الخشب ، أو ما شابه ذلك من المواد ، إلا أن هذه النوعية لم يعد لها استعمال كبير فى الوقت الحاضر ؛ نظرًا لضعف كفاءتها ، وضرورة تغييرها سنويًا .

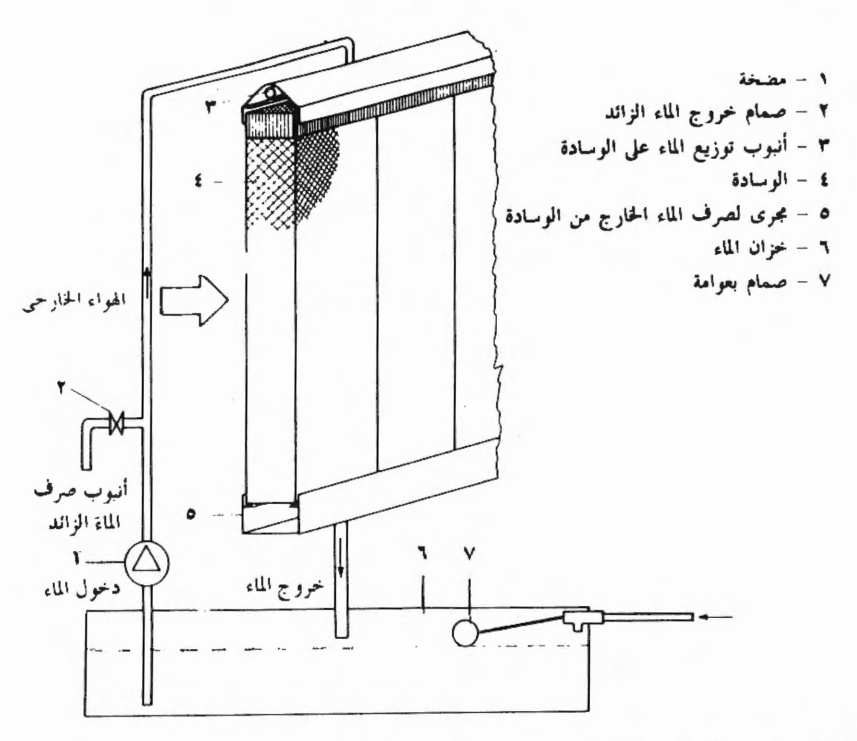
أما الوسائد الحديثة ، فإنها تتكون من ورقٍ سيليلوزيٍّ معرجٍ ، ومشبعٍ بأملاح غير ذائبة ، وبمواد تزيد من صلابة الورق مع بعض المواد التى تساعد علـى البلل (شكل ٣ - ١٠ ، يوجد فى آخر الكتاب) . وتستخدم هذه الوسائد لمدة ١٠ سنوات أو أكثر. وهى تتوفر بسمك يتراوح بين ١٠سم و٣٠سم ، علمًا بأن زيادة السمك تعنى نقص المسطح العام للوسادة الذى يجب توفره لتحقيق التبريد اللازم ، وتستعمل الوسائد السميكة (٢٠ - ٣٠ سم) فى الأجواء الشديدة الحرارة . وتزيد كفاءة هذه النوعية من الوسائد بنحو ٦٠٪ عن كفاءة الوسائد التى تملأ بالمواد الماصة .

هذا . . ويوضح شكل (٣ - ١١) التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد . أما شكل (٣ - ١٢) ، فيبين التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها .

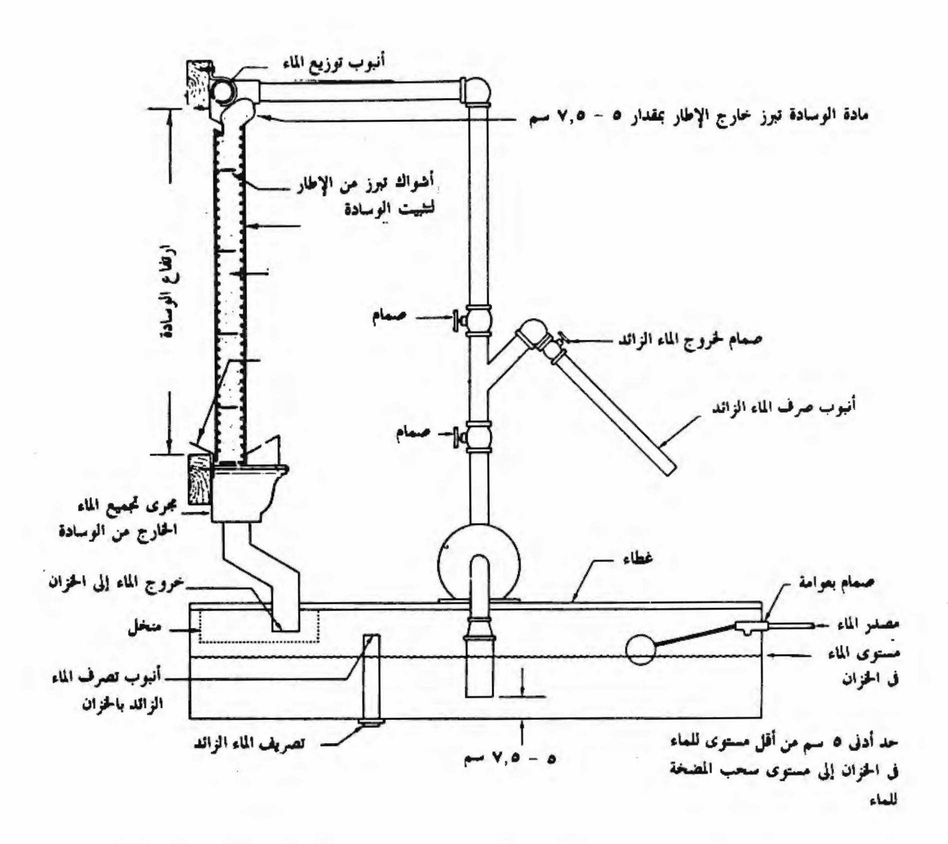
يصل الماء إلى الوسادة من خلال أنبوبةٍ (بلاستيكيةٍ غالبًا) تثبت أفقيًا أعلى الوسادة وبامتداد طولها ، تكون هذه الأنبوبة مسدودة من طرفيها ، وتوجد بأسفلها ثقوب كل نحو ١٠ سم ، وتتصل من منتصفها بمصدر الماء . ولا يجوز أن يصل إليها الماء من أى موقعٍ آخر ، خاصة عندما يزيد طول الوسادة عن ٢٢ متراً .

وتوضع مصفاة أسفل الأنبوبة لتوزيع الماء بتجانس قبل أن يسقط على الوسادة . وربما لا توجد مثل هذه المصفاة ، لكن يجب أن تكون ثقوب الأنبوبة فى هذه الحالة متقاربة بدرجة تسمح بحسن توزيع الماء على الوسادة بانتظام . وتثبت الوسادة أسفل المصفاة فى وضع رأسى . ونظراً لأن الوسادة تتمدد بالبلل وتنكمش بالجفاف ، فإنها توضع داخل شبكةٍ سلكية .

ويوجد مجرى أسفل الوسادة لتلقى الماء الزائد الذى ينتقل بعد ذلك إلى خزانٍ للماء يوجد أسفل المجرى ، وهو الذى يضخ منه الماء إلى أعلى الوسادة ، ويغطى السطح العلوى لهذا المجرى ؛ حتى لا تتجمع به أية بقايا أو شوائب .



شكل (٣ - ١١) : التركيب العام للوسادة ، وكيفية تزويدها بالماء اللازم للتبريد .

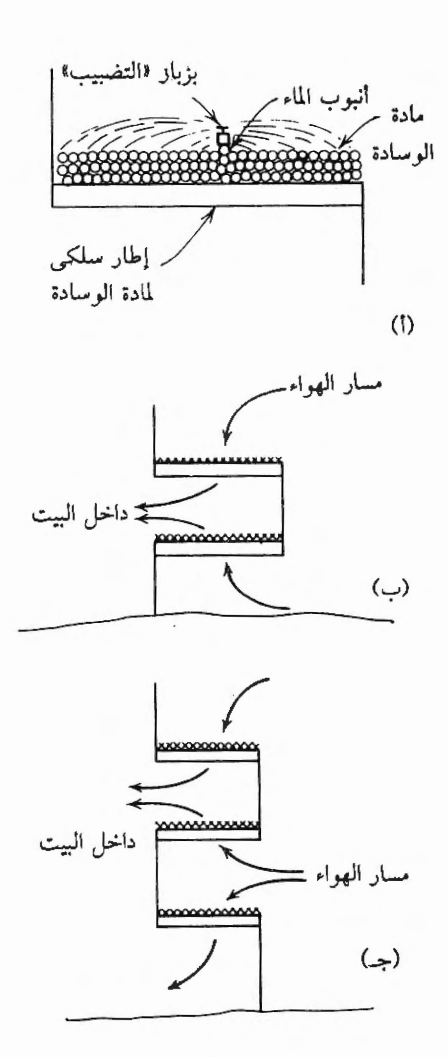


شكل (٣ - ١٢) : التركيب الدقيق لمكونات الوسادة وملحقاتها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

ويُعَوّض الماء الذى ينقص من الخزان باستمرارٍ بمعدلٍ يوازى كمية الماء المتبخرة ، وهى التى قد تصل إلى ٤١,٠ لترًا فى الدقيقة لكل مترٍ مربعٍ من الوسادة فى يومٍ حارٍّ جافْ . ويتم تزويد الخزان بالماء من فتحةٍ يتحكم فيها صمام «بعوامة» . هذا . . ومن المفضلِ تزويد النظام بمرشح للماء يوضع قَبل المضخة ، ويمكن تنظيفه بإعادة مرور الماء من خلاله فى الاتجاه العكسى flushable filter .

كما توجد وسائد أفقية توضع فيها مواد ؛ مثل الفيرميكيوليت أو قُشارة « بَرْوةُ » الخشب على شبكةٍ سلكيةٍ ؛ لتعمل كمسطحٍ للتبخر مع السماح بمرور الهواء من خلالها . ويحافظ على الوسادة رطبةً باستمرارٍ بواسطة «التضبيب» (شكل ٢١ - ١٢ أ) . كما

قد يوجد عدد من الوسائد الأفقية التى تثبت بعضها فوق بعضٍ على جانب البيت من الخارج « شكل ٢١ - ١٢ ب ، جـ) .



شكل (٣ - ١٣) : الوسائد الأفقية : (أ) وسادة من مواد ذات سطحٍ ماصٍّ وكبير ؛ مثل الفيرميكيوليت أو بَرْوَةَ الخشب ، (ب) طبقتان من الوسائد العادية بوضع أفقى ، (جـ) ثلاث طبقات من الوسائد العادية بوضعٍ أفقيّ (عن Mastalerz ١٩٧٧) .

تتعرض الوسائد لمشكلتين رئيسيتين ؛ هما : تراكم الأملاح بها ، ونمو الطحالب عليها . وتعالج مشكلة الأملاح إما بزيادة معدل مرور الماء من خلال الوسائد - كثيراً - عن معدل تبخره ، وإما بتنظيم عمل مضخة الماء ؛ بحيث تستمر فى ضخ الماء عليها لفترةٍ وجيزةٍ بعد توقف المروحة عن العمل ؛ الأمر الذى يعمل على غسيل الأملاح التى ربما تكون قد تراكمت عليها .

أما الطحالب فهى قد تنمو على الوسائد السيليلوزية بعد فترةٍ تتراوح بين سنتين وثلاث سنوات من الاستعمال ، وهى لا تتلف الوسائد ، ولكنها قد تسدّ منافذ الماء فيها ؛ الأمر الذى يقلل من كفاءتها فى التبريد . وتعالج هذه المشكلة بحقن محلول هيبوكلوريت الصوديوم (محلول تبييض الغسيل التجارى) بتركيز ١٪ فى مصدر مياه الوسادة ؛ وهو ما يكفى لجعل تركيز الكلورين فى الماء المستعمل بين ٣ و ٥ أجزاء فى المليون . ويكفى نحو ١١٤ لتراً من محلول هيبوكلوريت الصوديوم شهريًا لجعل ٣٠ متراً من الوسائد التى بسمك ١٥ سم خاليةً من النمو الطحلبى .

ومن أهم عيوب استعمال هيبوكلوريت الصوديوم أنه يرفع رقم حموضة (pH) الماء ؛ الأمر الذى يؤدى إلى ليونة الوسادة إذا ارتفع الـ pH عن ٩,٠ (كما يجب ألا ينخفض الرقم عن ٦,٠) .

ومن بدائل حقن هيبوكلوريت الصوديوم فى مياه الوسائد : رشه على الوسائد على فترات ، وحقن فوق أكسيد الأيدروجين Hydrogen Peroxide لتجنب ارتفاع الـ pH ، واستعمال تحضيراتٍ تجاريةٍ خاصةٍ تقتل النموات الفطرية ، والبكتيرية ، والطحلبية (Biocides) فى الوسائد ؛ مثل التحضير التجارى Oakite الذى يضاف إلى خزان مياه الوسائد مرةً أو مرتين أسبوعيًا .

المروحة Fan

يجب أن تثبت المروحة فى جانب البيت الذى لا يواجه الرياح ، فى حين تكون الوسادة فى الجانب المواجه للرياح ؛ حتى تكون الرياح مساعدةً لعمل المروحة ، وليست معاكسة لها . وإذا تعذر ذلك ، فلا بد من زيادة كفاءة المروحة بمقدار ١٠٪ .

أما إذا وجد عدد من البيوت المتجاورة ، فإن اتجاه الرياح لا يكون عاملا مهمًا إلا بقدر ما تكون مراوح إحدى مجموعتى البيوت غير مقابلةٍ لوسائد المجموعة المجاورة ؛ لأن ذلك يؤدى إلى طرد الهواء الساخن من المجموعة الأولى ليدخل فى البيوت المجاورة . ويحسن فى هذه الحالة أن تكون وسائد مجموعتى البيوت متقابلةً ، لكن هذه المشكلة تقل تدريجياً بزيادة المسافة بين مجموعتى البيوت ، حتى تنعدم تمامًا عندما تكون المسافة بينهما ٢٠ متراً أو أكثر .

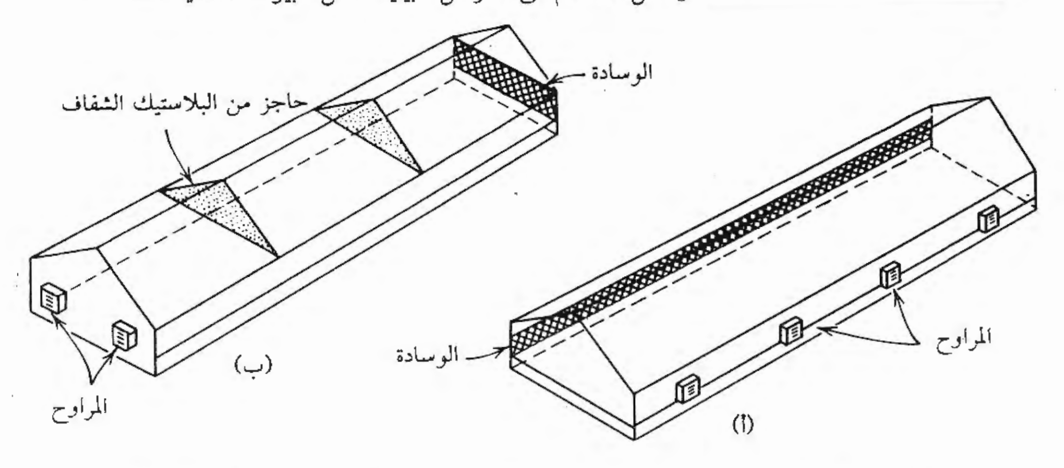
وفى حالة استعمال أكثر من مروحتين فى البيت الواحد يفضل أن يكون لبعضها سرعتا تشغيلٍ ؛ ليمكن تحقيق أكبر قدرٍ من التحكم فى معدل سحب الهواء من البيت ؛ سواء أكان ذلك عند التبريد ، أم التهوية .

مسار الهواء المبرد

يفضل أن يكون مسار الهواء المُبرّد باتجاه عرض البيت ، وموازيًا لخطوط الزراعة ، وفى مستوى النمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب وضع الوسائد فى مستوى النباتات أو أعلى قليلا (شكل ٣ - ١٤) ؛ حتى تزيد فرصة مرور الهواء البارد من خلال النباتات ، لكن نظراً لأن تيار الهواء يجد مقاومةً من النباتات ، فإننا نجد أن مسار الهواء يتجه إلى أعلى بزاوية ٧ درجات (أى بمعدل مترٍ لكل ثمانية أمتار) تاركًا جيوبًا غير مبردةٍ فى مستوى النمو النباتى .

ويمكن تصحيح ذلك الوضع بتثبيت شرائح من البوليثيلين الشفاف تتدلى من قمة البيت عموديًا على مسار الهواء ، حتى تجبره على أن يسلك مساراً سفليًا بين النباتات . تثبت هذه الشرائح كل عشرة أمتار . ويجب أن يكون طرفها المتدلى بعيداً بعداً كافيًا عن قمة النباتات ؛ حتى لا تعوق حركة الهواء (شكلا ٣ - ١٤ ب ، ٣ - ١٥ هـ) .

كما تظهر مشكلة أخرى إذا كانت الوسائد قريبةً من سطح التربة ، وكانت النباتات مرباةً على مناضد ؛ لأن الهواء المبرد يتسرب فى هذه الحالة من تحت المناضد ، دون المرور على النباتات (شكل ٣ - ١٥ د) . ويمكن التغلب على المشكلة بتثبيت شرائح بلاستيكيةٍ تحت المناضد مقابل الوسائد (شكل ٣ - ١٥ هـ) .



شكل (٣ - ١٤) : وضع المراوح والوسائد فى البيوت المحمية . (أ) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (ب) على امتدد الجانبين القصيرين للبيت ، مع تثبيت حواجز من البلاستيك الشفاف تتدلى كل عشرة أمتارٍ من قمة البيت لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسارٍ سفليٍّ بين النباتات .

هذا . . ويبين شكل (٣ - ١٥ أ ، ب ، جـ) مسارات الهواء فى حالات الأوضاع المختلفة للوسائد والمراوح والأماكن التى تكون درجة حرارتها أكثر ارتفاعًا من بقية أجزاء البيت بسبب عدم وجودها فى مسار التحركات الهوائية . يلاحظ بالشكل أن درجة الحرارة تكون أكثر ارتفاعًا فى أركان البيت بالجانب الذى توجد فيه المراوح . كذلك يلاحظ فى حالة البيوت الكبيرة التى قد توضع فيها الوسائد فى الجانبين القصيرين والمراوح فى الجانبين الطوليّين أن مركز البيت تكون حرارته أعلى من باقى أرجاء البيت ؛ وذلك بسبب عدم وجوده فى مسار التيارات الهوائية (Mastalarez ١٩٧٧) .

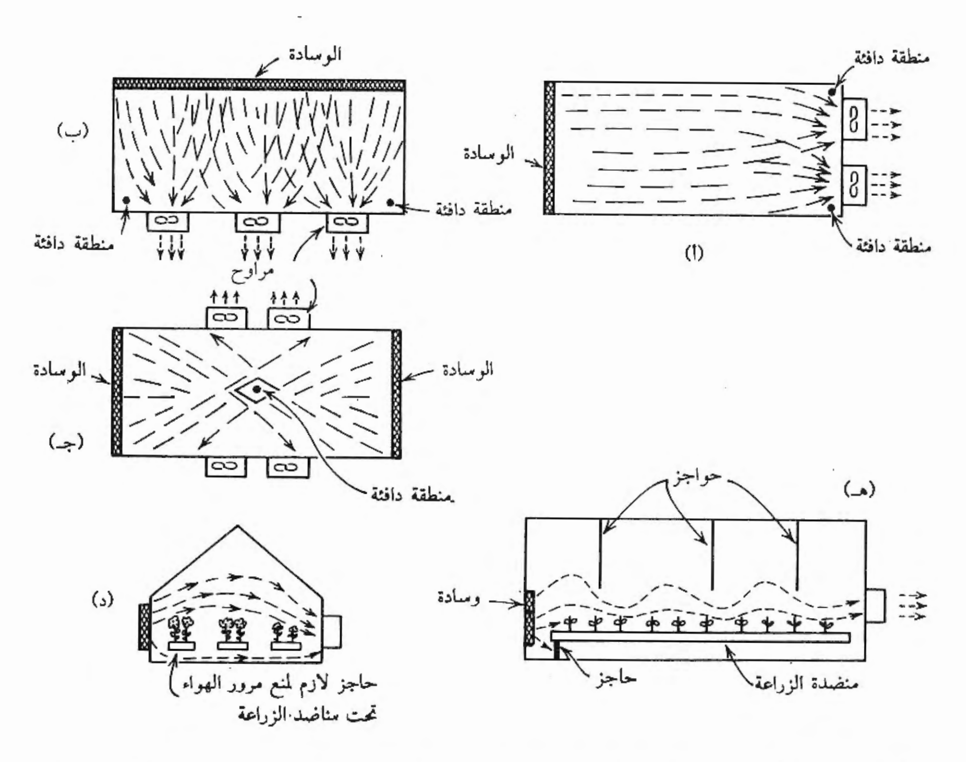
العوامل المؤثرة على كفاءة التبريد

تتوقف درجة التبريد التى يمكن تحقيقها بنظام المروحة والوسادة على ثلاث مجموعاتٍ من العوامل ؛ هى :

أولا : عوامل خاصة بتصميم نظام التبريد . . وتشمل :

١ - معدل سحب الهواء الدافئ من البيت .

٢ - مساحة سطح الوسائد .

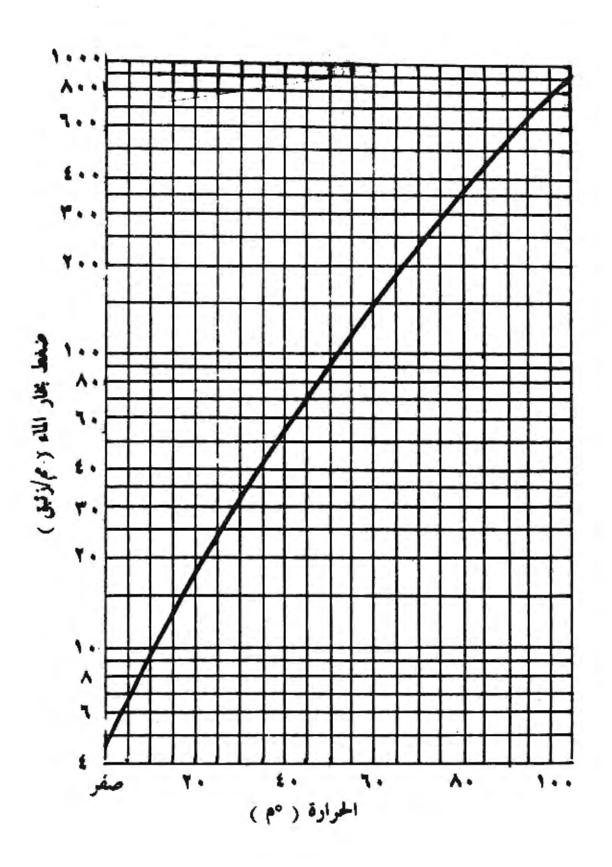


شكل (٣ - ١٥) : مسارات الهواء داخل البيوت المبردة فى حالات الأوضاع المختلفة للمراوح والوسائد : (أ) على امتداد الجانبين القصيرين للبيت . (ب) على امتداد الجانبين الطويلين للبيت . (جـ) الوسائد على امتداد الجانبين القصيرين ، والمراوح فى الجانبين الطويلين للبيت . (د) عوائق أعلى النباتات وتحت مناضد الزراعة لإجبار الهواء المبرد على اتخاذ مسار بين النباتات (Mastalerz ١٩٧٧) .

ثانيًا : الرطوبة النسبية للهواء الخارجى :

وهذا العامل لا يمكن التحكم فيه ؛ ولذا . . فإنه لا يؤخذ فى الحسبان عند حساب احتياجات التبريد ، لكن يجب أن نتذكر أن أقصى درجة تبريد يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة تبلغ حوالى ٨٠٪ من الفرق بين قراءتى الترمومترين الجاف والمبتل خارج البيت ؛ وبذلك يزداد التبريد الممكن تحقيقه كلما ازداد الفرق بين القراءتين ؛ أى كلما ازدادت مقدرة الهواء على تبخير الماء ، أى كلما انخفضت الرطوبة النسبية . وتصبح فعالية هذه الطريقة فى التبريد معدومةً تقريبًا عندما تصل الرطوبة النسبية إلى حوالى ٨٠٪ .

هذا . . وتزداد قدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٣ - ١٦) .



شكل (٣ - ١٦) : العلاقة بين درجة حرارة الهواء وقدرته على حمل الرطوبة .

ومع زيادة قدرة الهواء على حمل الرطوبة - عند ارتفاع درجة حرارته - فإن رطوبته النسبية تنخفض تلقائيًا (بفرض عدم زيادة محتواه الرطوبى) ؛ وبذا . . تزداد كفاءة عملية التبريد بنظام المروحة والوسادة . وتتضح هذه العلاقة فى جدول (٣ - ٨) ، وشكل (٣ - ١٧) .

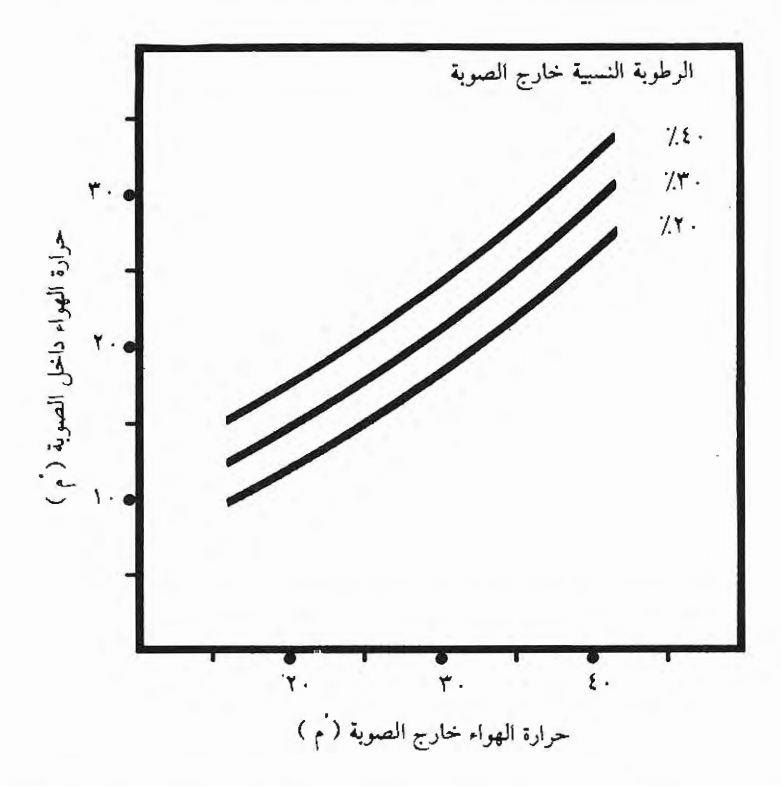
جدول (٣ - ٨) : كفاءة التبريد بنظام المروحة والوسادة (على أساس أن التبريد يكون فى حدود ٨٠٪ من الفرق بين درجة حرارة الترمومترين الجاف والمبتل) عند اختلاف الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى من ٥ - ٢٠٪ وحرارة الهواء الداخل إلى الصوبة من ٣٠ - ٤٥ ْم (عن كتالوج شركة Munters) .

الظروف الخارجية		**الظروف داخل الصوبة بعد مرور الهواء من وسادة التبريد**	
الرطوبة النسبية (٪)	**الحرارة (ْ م)**	**الرطوبة النسبية (٪)**	**الحرارة (ْ م)**
٥	٤٥	٦٢	٢٤
٥	٤٠	٦٣	٢١
٥	٣٥	٦٥	١٩
٥	٣٠	٦٦	١٦
١٠	٤٥	٦٦	٢٦
١٠	٤٠	٦٧	٢٣
١٠	٣٥	٦٩	٢٠
١٠	٣٠	٧٠	١٧
٢٠	٤٥	٧٣	٢٩
٢٠	٤٠	٧٣	٢٦
٢٠	٣٥	٧٤	٢٢
٢٠	٣٠	٧٤	١٩

ثالثا : عوامل يتم تصحيح احتياجات التبريد على أساسها .. وهى كما يلى :

١ - منسوب البيت (ارتفاعه عن سطح البحر) :

من الضرورى زيادة معدل سحب الهواء من البيت عند ارتفاع منسوبه عن ٢٠٠ متر عن سطح البحر ؛ لأن مقدرة الهواء على التبريد تعتمد على وزنه وليس على حجمه ، علمًا بأن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر . ولهذا .. يجب استعمال معاملٍ خاصٍ لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت يرمز إليه بالرمز (F_{elev}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (جدول ٣ - ٩) .



شكل (٣ - ١٧) : العلاقة بين درجة حرارة خارج البيت وداخله عند اختلاف نسبة الرطوبة فى الهواء الخارجى من ٢٠٪ - ٤٠٪ (عن كتالوج شركة Sita) .

جدول (٣ - ٩) : معامل التصحيح الخاص بالمنسوب أو الارتفاع عن سطح البحر (F_{elev}) .

	الارتفاع عن سطح البحر (متر)								
	أقل من ٣٠٠	٣٠٠	٦٠٠	٩٠٠	١٢٠٠	١٥٠٠	١٨٠٠	٢١٠٠	٢٤٠٠
F_{elev}	١,٠٠	١,٠٤	١,٠٨	١,١٢	١,١٦	١,٢٠	١,٢٥	١,٣٠	١,٣٦

٢ - المسافة من الوسائد إلى المراوح :

يجب أن تكون الوسائد والمراوح متقابلةً . ويتوقف استخدام الحوائط المختلفة لهذا الغرض على أبعاد البيت ؛ لأن المسافة بين الوسادة والمروحة يجب أن تكون فى حدود ٣٠ - ٦٠ متراً . فإذا زادت المسافة عن ذلك يحتاج الأمر إلى مراوح ضخمة . وإذا

نقصت المسافة عن ٣٠م لا ينتشر الهواء المبرد فى كل أرجاء البيت ، بل يميل فى حركته نحو مسار ضيق من الوسادة إلى المروحة . وتلزم فى هذه الحالة زيادة سرعة سحب الهواء من البيت لتصحيح ذلك الوضع . ويستخدم لذلك معامل خاص للتصحيح يرمز إليه بالرمز (F_{vel}) ، أو معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (جدول ٣ - ١٠) .

جدول (٣ - ١٠) : معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel}) .

المسافة (م)	معامل التصحيح	المسافة (م)	معامل التصحيح	المسافة (م)	معامل التصحيح
٦,٠	٢,٢٤	١٥,٠	١,٤١	٢٤,٠	١,١٢
٧,٥	٢,٠٠	١٦,٥	١,٣٥	٢٥,٥	١,٠٨
٩,٠	١,٨٣	١٨,٠	١,٢٩	٢٧,٠	١,٠٥
١٠,٥	١,٦٩	١٩,٥	١,٢٤	٢٨,٥	١,٠٢
١٢,٠٠	١,٥٨	٢١,٠	١,٢٠	٣٠,٠	١,٠٠
١٣,٥	١,٤٨	٢٢,٥	١,١٦		

٣ - شدة الإضاءة داخل البيت :

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيحٍ ثالثٍ خاصٍّ بشدة الإضاءة داخل البيت عند اختلافها عن ٥٠٠٠ قدم - شمعة (٥٣,٨ klux) يرمز لها بالرمز (F_{light}) ، ويحصل عليه من جدول (٣ - ١١) ؛ ويرجع ذلك إلى زيادة الطاقة الحرارية المتحصل عليها من الشمس مع زيادة شدة الإضاءة .

٤ - الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة :

يحتاج الأمر إلى معامل تصحيحٍ رابعٍ للفرق الذى يسمح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ؛ لأن المعدل القياسى لسحب الهواء - وهو ٢,٥ م^{٣} / دقيقة / م^{٢} من مساحة البيت - يأخذ فى الحسبان فرقاً قدره ٤ درجات مئوية (أو ٧ درجات فهرنهيتية) بين درجة حرارة الهواء الداخل إلى البيت بعد مروره على الوسادة ودرجة حرارة الهواء الخارج من البيت عند المروحة . ويمكن تصحيح ذلك باستخدام معاملٍ خاصٍّ يرمز إليه بالرمز (F_{temp}) ، ويعرف باسم معامل التصحيح الخاص

بالفـرق المسموح به فى درجة الحرارة بين الوسادة والمروحة ، ويحصل عليه من جدول (٣ - ١٢) .

جدول (٣ - ١١) : معامل التصحيح الخاص بشدة الإضاءة داخل الصوبة (Flight) .

	شدة الإضاءة								
قدم - شمعة	٤٠٠٠	٤٥٠٠	٥٠٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	٦٥٠٠	٧٠٠٠	٧٥٠٠	٨٠٠٠
كيلو لكس klux	٤٣,١	٤٨,٤	٥٣,٨	٥٩,٢	٦٤,٦	٧٠,٠	٧٥,٣	٨٠,١	٨٦,١
F_{light}	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	١,١٠	١,٢٠	١,٣٠	١,٤٠	١,٥٠	١,٦٠

جدول (٣ - ١٢) : معامل التصحيح الخاص بالفرق المسموح به فى درجة الحرارة داخل البيت بين المروحة والوسادة (F_{temp}) .

	الفرق المسموح به فى درجة الحرارة (° م)						
	٥,٦	٥,٠	٤,٤	٣,٩	٣,٣	٢,٨	٢,٢
(F_{temp})	٠,٧٠	٠,٧٨	٠,٨٨	١,٠٠	١,١٧	١,٤٠	١,٧٥

وكقاعـدة عامـة . . عندما لا يزيد ارتفاع منسوب البيت على ١٠٠٠ قدم (٣٠٠ متر) عن سطح الأرض ، وعندما لا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠٠ قـدم - شمعة (٥٣,٨ klux) ، فإن معدل سحب الهواء من البيت يجب أن يكون فى حدود ٨ أقدام مكعبة فى الدقيقة لكل قدم مربعة من مساحة البيت (٢,٥ م^{3} فى الدقيقة لكل مترٍ مربعٍ من مساحة البيت) ، مع افتراض أنه يسمح بفرق سبع درجاتٍ فهرنهيتيةٍ (حوالى أربع درجاتٍ مئوية) بين المروحة والوسادة ، وأن المسافة بين المراوح والوسائد تزيد على ١٠٠ قدمٍ (حوالى ٣٠ متراً) .

فإذا أُخِل بأيٍّ من هذه الشروط والفروض لزم استعمال المعامل الخاص لتصحيح المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت عن المعدل المذكور وهو ٢,٥ م^{3} / دقيقة / م^{2} من مساحة البيت .

حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد ومياه التبريد

يمر حساب احتياجات البيت من المراوح والوسائد بالخطوات التالية :

١ - يحسب أولا المعدل اللازم لسحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية السابقة الذكر ، ويقدر ذلك بالمعادلة التالية :

معدل سحب الهواء من البيت تحت الظروف القياسية بالمتر المكعب فى الدقيقة

= طول البيت بالمتر × عرض البيت بالمتر × ٢,٥

٢ - يلى ذلك تصحيح المعدل ليتناسب مع الظروف الخاصة بالبيت ؛ وذلك بضرب المعدل المحسوب من الخطوة السابقة فى معامل التصحيح الأكبر من أحد المعاملين التاليين :

أ - معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة (F_{vel}) (جدول ٣ - ١٠) .

ب - معامل التصحيح للبيت (F_{house}) علمًا بأن :

$F_{house} = F_{elev}$ (جدول ٣ - ٩) × F_{light} (جدول ٣ - ١١) × F_{temp} (جدول ٣ - ١٢) .

ويجب أن يكون المعدل المحسوب كافيًا لتغيير هواء البيت كله بمعدل ١,٥ - ٢ مرة فى الدقيقة .

ويعتبر جدول (٣ - ١٣) مرشداً للاستدلال به على صحة حسابات معدل سحب الهواء من الصوبة .

جدول (٣ - ١٣) : معدلات سحب الهواء من الصوبة عند اختلاف مستوى التظليل داخل الصوبة .

مستوى التظليل	الإشعاع الشمسى(١) (وات W / م٢)	معدل سحب الهواء (م٣ / م٢ من مساحة البيت / ساعة)
١٠	٨١٠	٢٥٤
٢٠	٧٢٠	٢٢٥
٣٠	٦٣٠	١٨٩
٤٠	٥٤٠	١٦٩

(١) أجريت الحسابات على أساس أن شدة الإشعاع الشمسى خارج البيت ٩٠٠ وات W / م٢ .

٣ - يتم بعد ذلك اختيار المراوح بالعدد والقدر المناسبين . وتثبت المراوح فى جدار البيت المقابل للوسائد ؛ بحيث لا تزيد المسافة بين كل مروحتين على ٧,٥ م ، وأن

يكون توزيعها متجانسًا على امتداد البيت ، وعلى ارتفاعٍ واحدٍ من سطح الأرض ، على أن يكون مركزها فى مستوى منتصف النمو النباتى للنباتات المرباة رأسيًا .

٤ - يراعى ألا تزيد سرعة الهواء الذى يمر من خلال الوسائد على ١,٥ متر / ثانية ؛ نظرًا لأن السرعات الأعلى من ذلك يصاحبها تفريغ كبير داخل البيت ؛ مما يؤثر على كفاءة المراوح .

٥ - تحسب مساحة الوسائد اللازمة على أساس أن كل ٤٥م^{3} من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة يلزمه متر مربع من الوسائد الحديثة بسمك ١٠ سم (يزداد هذا المعدل بمقدار الثلثين عند استعمال وسائد القش وقُشارة الخشب . . . إلخ) . ونظرًا لأن الوسائد يجب أن تمتد بكامل جدار البيت (شكل ٣ - ١٨ ، يوجد فى آخر الكتاب) ؛ لذا فإن عرضها يتوقف على المساحة اللازمة منها ، كما يمكن التحكم فى العرض باختيار السمك المناسب .

٦ - تزود الوسائد بالماء بمعدلات تزيد على القدر المتبخر منها ؛ حتى لا تتراكم بها الأملاح (شكل ٣ - ١٩ ، يوجد فى آخر الكتاب) والمعدل المناسب هو ٠,٦ جالونًا فى الدقيقة لكل قدمٍ طولية من الوسادة التى تكون بسمك ١٠سم (أو حوالى ٧,٤ لترًا / دقيقة / متر طولى) ، بغض النظر عن عرضها (ارتفاعها) . ويعنى ذلك أنه لو كان طول الوسادة ١٥ م ، فإنه يلزم ضخ الماء بمعدل ١١١ لترًا فى الدقيقة .

ويجب أن يتسع الخزان لـ ٢٠ لترًا من الماء لكل مترٍ طوليٍّ من الوسادة ؛ حتى يمكنه استيعاب كل الماء الذى يمر فى الوسادة عند توقف التبريد .

كما يجب توفير مصدرٍ دائمٍ للماء ؛ نظرًا لتبخر جزءٍ منه فى عمليات التبريد . ويتحقق ذلك بإيصال خزان الماء بأنبوبة ماءٍ ذات صمامٍ مزودٍ بعوامة ، علمًا بأنه يمكن أن يتبخر ٠,٤١ لترًا من الماء فى الدقيقة لكل مترٍ مربعٍ من الوسادة فى يومٍ حارٍّ جافٍّ .

مثال :

يُراد إجراء الحسابات اللازمة لتصميم عملية تبريد صوبة تبلغ أبعادها ١٥م × ٣٠م بنظام المروحة والوسادة ، علما بأن الصوبة تقع على ارتفاع ٩٠٠م من سطح البحر ،

وأنها مزودة بشباك تظليل تجعل شدة الإضاءة بداخلها ٥٠٠٠ قدم - شمعة (٥٣,٨ klux) ، وأنه يسمح بفرق قدره ٤ درجات مئوية فى الحرارة بين الوسادة والمروحة ، وأن الوسائد السيليلوزية التى يُراد استعمالها يبلغ سمكها ١٠ سنتيمترات .

تكون الحسابات حسب التسلسل التالى :

١ - المعدل اللازم لسحب الهواء من الصوبة

= عرض الصوبة × طول الصوبة × ٢,٥

= ١٥ × ٣٠ × ٢,٥ = ١١٢٥ م^{٣} / دقيقة

٢ - يُحسب معامل التصحيح للصوبة Fhouse كما يلى :

$F_{house} = F_{elev} \times F_{light} \times F_{temp}$

وبالاعتماد على البيانات المتوفرة لدينا عن الصوبة ، وجداول (٣ - ٩ ، و٣ - ١١ ، و٣ - ١٢) .. نجد أن :

F_{house} = ١,١٢ × ١,٠ × ١,٠ = ١,١٢

٣ - يراجع معامل التصحيح الخاص بالمسافة من الوسادة إلى المروحة F_{vel} (جدول ٣ - ١٠) ، ويتم اختيار جدارين متقابلين تبلغ المسافة بينهما أقرب ما تكون إلى المدى المسموح به وهو ٣٠ - ٦٠ متراً ؛ وبذا يُختار الضلعان الواقعان فى نهايتى الصوبة ، والتى تبلغ المسافة بينهما ٣٠ متراً .

ويعنى ذلك أن F_{vel} = ١,٠

٤ - يُضرب معدل سحب الهواء المتحصل عليه من الخطوة الأولى (١١٢٥م^{٣} / دقيقة) فى أى من معاملى التصحيح : F_{house} ، أو F_{vel} - أيهما أكبر - (الأكبر هو F_{house} فى هذا المثال) ؛ وبذا يكون المعدل اللازم لسحب الهواء من الصوبة = ١١٢٥ × ١,١٢ = ١٢٦٠ م^{٣} / دقيقة .

٥ - يُحسب عدد المراوح اللازمة للصوبة على ألا تزيد المسافة بينها (بين مراكزها) على ٧,٥م ؛ وبذا يكون العدد اللازم من المراوح ١٥ ÷ ٧,٥ = ٢ مروحة .

٦ - تحسب قوة سحب الهواء التى تجب أن تعمل بها المروحة الواحدة ؛ وهى :

١٢٦٠ ÷ ٢ = ٦٣٠ م^{٣} / دقيقة .

ويتم تركيب المروحتين فى أحد الجانبين القصيرين للصوبة ، على مسافاتٍ متساويةٍ من الجانبين وبينهما .

٧ - تحسب مساحة الوسائد اللازمة ، علما بأنه يلزم متر مربع من الوسائد لكل ٧٥م^{٣} من الهواء الذى يلزم سحبه من خلالها فى كل دقيقةٍ ؛ وهو ما يعنى أنه يلزم :

١٢٦٠ م^{٣} / دقيقة ÷ ٧٥م^{٣} / دقيقة = ١٦,٨ م^{٢} من الوسائد للصوبة .

٨ - يجب تثبيت الوسائد - بالمساحة التى تلزم منها - على امتداد جانب الصوبة المخصص لها ؛ أى بامتداد ١٥ متراً فى هذا المثال ؛ وهو ما يعنى أنها يجب أن تكون بارتفاع :

١٦,٨م^{٢} ÷ ١٥ م = ١,١ متراً.

٩ - يتم بعد ذلك تحديد قدرة الموتور اللازمة لضخ الماء على الوسادة ؛ بحيث يكون الضخ بمعدل ٧,٤ لتراً فى الدقيقة لكل مترٍ طولى من الوسادة ؛ أى :

٧,٤ لتراً / دقيقة × ١٥ م = ١١١ لتراً / دقيقة .

١٠ - يحدد بعد ذلك الحجم اللازم لخزان مياه الوسادة ؛ بحيث يتسع لنحو ١٨,٦ لترا لكل مترٍ طولى من الوسادة ؛ أى :

١٨,٦ لتر × ١٥م = ٢٧٩ لتراً (عن Nelson ١٩٨٥) .

استعمال وسائل متنوعة للحد من ارتفاع درجة الحرارة

من أهم الوسائل الأخرى - التى تتبع للحد من ارتفاع درجة حرارة البيوت المحمية أثناء النهار فى المناطق الحارة - ما يلى :

١ - التهوية ؛ وهى موضوع العنوان الرئيسى التالى .

٢ - رش غطاء الصوبة بـ «السيبداج» (أو ماء الجير) من الخارج لخفض نفاذيته للإشعاع الشمسى .

٣ - وضع أغطية متنوعة على غطاء الصوبة (مثل شبَاك البوليثيلين المنفذة للضوء بدرجات مختلفة) ؛ بهدف خفض نفاذية الإشعاع الشمسى إلى داخل الصوبة ، وخفض استهلاك الطاقة اللازمة لعملية التبريد .

وتتنوع الأغطية المستعملة لهذا الغرض باختلاف الشركات المنتجة لها . فمثلا . . يتوفر الغطاء LS50 (إنتاج شركة Ludvig Svensson International الهولندية) الذى يحقق تظليلا بنسبة ٥٠٪ ، ويوفر الطاقة اللازمة لعملية التبريد بنسبة ٥٥٪ كذلك . يصنع هذا الغطاء من ثلاثة مكونات ؛ هى البولى أوليفين ، والبوليثيلين ، والألومنيوم Polyolefin / Pet / Alu ، ويتوفر على شكل شباك يتراوح عرضها بين ٣٢٥سم و٨٦٠سم .

كذلك يتوفر غطاء آخر مزدوج من الشباك يحقق تظليلا قدره ٩٩٪ ويوفر نحو ٧٥٪ من طاقة التبريد اللازمة ، ويطلق عليه اسم LS11 + LS7 . يوضع الغطاء LS7 على غطاء البيت مباشرةً ، وهو غطاء ذو لونٍ أخضر يُصنع من البوليستر Polyster ، ولاينفذ سوى نسبةٍ ضئيلةٍ من الضوء الأخضر ، بينما يعتبر منفذًا لكلٍّ من الضوء الأزرق والضوء الأحمر ؛ أى ينفذ الموجات الضوئية الضرورية لعملية البناء الضوئى . أما الغطاء LS11 فإنه يُصنع من الألومنيوم ، وهو يوضع على الغطاء LS7 من الخارج. يعكس غطاء الألومنيوم نحو ٩٥٪ من الإشعاع الضوئى الساقط على البيت أثناء النهار ، كما يعكس أيضًا نحو ٧٥٪ من الإشعاع الحرارى الصادر من التربة والأجسام الصلبة الأخرى داخل البيت أثناء الليل . وبالمقارنة بالشباك السوداء . . فإن درجة الحرارة تحت هذا الغطاء المزدوج تكون أكثر انخفاضًا فى أثناء النهار وأكثر ارتفاعًا فى أثناء الليل .

التهوية

توجه عناية كبيرة نحو نظام التهوية فى البيوت المحمية ؛ لأنها تحقق المزايا التالية :

١ - تعمل التهوية على خفض درجة الحرارة سريعًا داخل البيوت المحمية ؛ فتقل بذلك احتياجات التبريد ، كما يمكن عند اتباع نظامٍ جيدٍ للتهوية الاستغناء عن التبريد كليةً خلال فصل الصيف فى المناطق المعتدلة ، وخلال فصل الشتاء فى المناطق الحارة .

٢ - تؤدى التهوية إلى تجديد هواء البيت ؛ فيمكن بذلك المحافظة على التركيز

الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكربون ؛ لأن تركيز الغاز يقل سريعًا فى البيوت غير الجيدة التهوية لاستنفاذه من قبل النباتات فى عمليات البناء الضوئى . هذا . . ويؤدى انخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون (بسبب سوء التهوية) ، مع زيادة شدة الإضاءة إلى نقص شديد فى الكفاءة التمثيلية للنبات (Stanghellini ١٩٩٤) .

٣ - غالبًا ما تصل الرطوبة النسبية داخل البيوت المحكمة الإغلاق إلى درجة التشبع . وتحت هذه الظروف يزداد انتشار الأمراض ، كما يزداد تكثف قطرات الماء على الجدر الداخلية للبيت فى الجو البارد . ولا توجد وسيلة فعالة لإحداث خفضٍ ملموسٍ فى الرطوبة النسبية إلا بالتهوية الجيدة ؛ وبذلك فإنها تقلل من فرصة انتشار الأمراض ؛ وتؤدى إلى التخلص من ظاهرة تكثف قطرات الماء وسقوطها على النباتات .

جدول (٣ - ١٣) : تأثير معدل التهوية على درجة حرارة الصوبة ؛ مقارنـة بالحـرارة خارجها (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

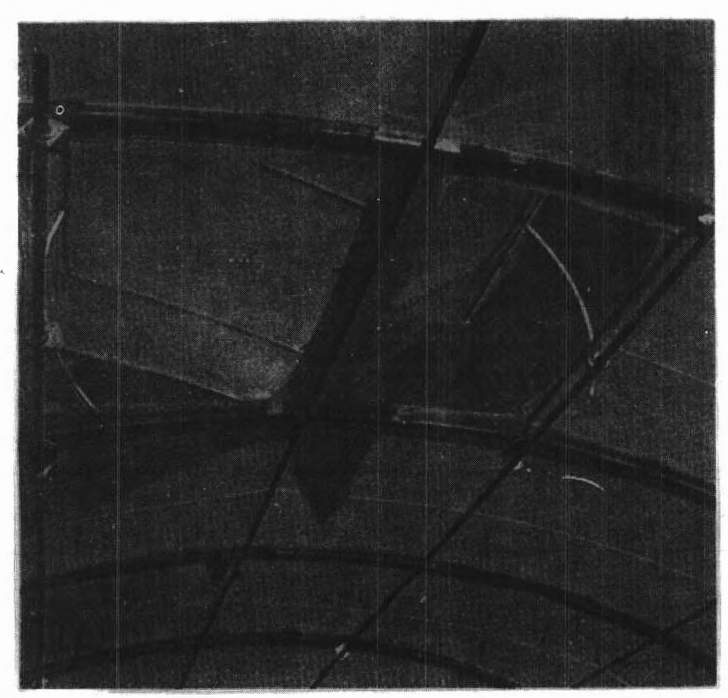
معدل تغيير هواء الصوبة فى الدقيقة	الارتفاع المتوقع فى درجة الحرارة داخل الصوبة عنه خارجها (°م)
نصف مرّة	٩ - ١٠
ثلاثة أرباع المرة	٦ - ٧
مرّة واحدة	٤ - ٦
مرّتان	٢ - ٣

التهوية من خلال منافذ خاصة فى الجدران والأسقف

تعتبر أبسط طرق التهوية هى بعمل فتحات خاصة فى جدران أو أسقف البيوت المحمية يتم من خلاها تغيير هواء البيت من الفتحات العلوية ليحل محله الهواء الخارجى البارد من الفتحات الجانبية .

والقاعدة فى هذه الطريقة للتهوية أنه كلما ازداد اتساع الفتحات ، ازدادت سرعة خفض درجة الحرارة داخل البيت ، وأمكن المحافظة عليها فى المجال المناسب للنمو النباتى . ولتحقيق ذلك يجب ألا تقل مساحة فتحات التهوية عن ١٧٪ من مساحة البيت ، والأفضل زيادتها إلى ٣٠٪ .

فمثلا . . يبين شكل (٣- ٢٠) فتحات صغيرة للتهوية فى بيت بلاستيكى تناسب المناطق الباردة ، ولكنها لا تكفى للمناطق المعتدلة أو الحارة . ففى المناطق المعتدلة يجب أن تتسع فتحات التهوية ، وتمتد ما بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت (شكلا ٢ - ٩ ، ٣ - ٢١) .



شكل (٣ - ٢٠) : فتحات صغيرة للتهوية تناسب المناطق الباردة .

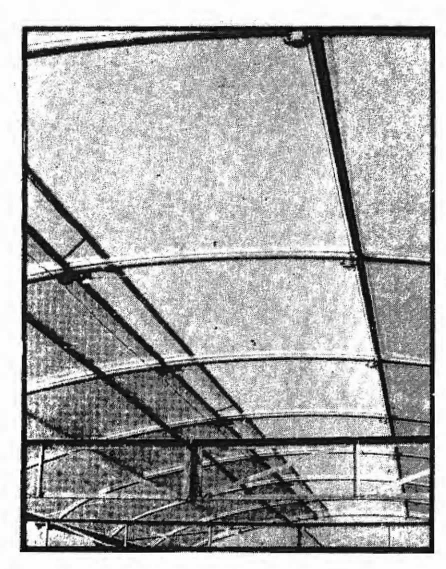
أما فى المناطق الحارة ، فإن فتحات التهوية يجب أن يزداد اتساعها وتتوزع فى جوانب البيت والأسقف ، كتلك المبينة فى أشكال (٢ - ٨ ، و ٣ - ٢٢ ، و ٣ - ٢٣) .

أما فى المناطق الباردة التى تنتشر فيها البيوت الزجاجية من النوع الجمالونى المتناظر الانحدار على جانبى البيت ، فإن فتحات التهوية يجب إغلاقها عند اشتداد الرياح ؛ حتى لا تحدث تيارات هوائية شديدة داخل البيت قد يترتب عليها حدوث بعض الأضرار . أما فى حالة الرياح الخفيفة ، فإنه يمكن تشغيل فتحات التهوية فى جانب البيت غير المواجه للرياح .

وعند الرغبة فى عدم دخول الحشرات إلى البيت من فتحات التهوية ، فإن الفتحات

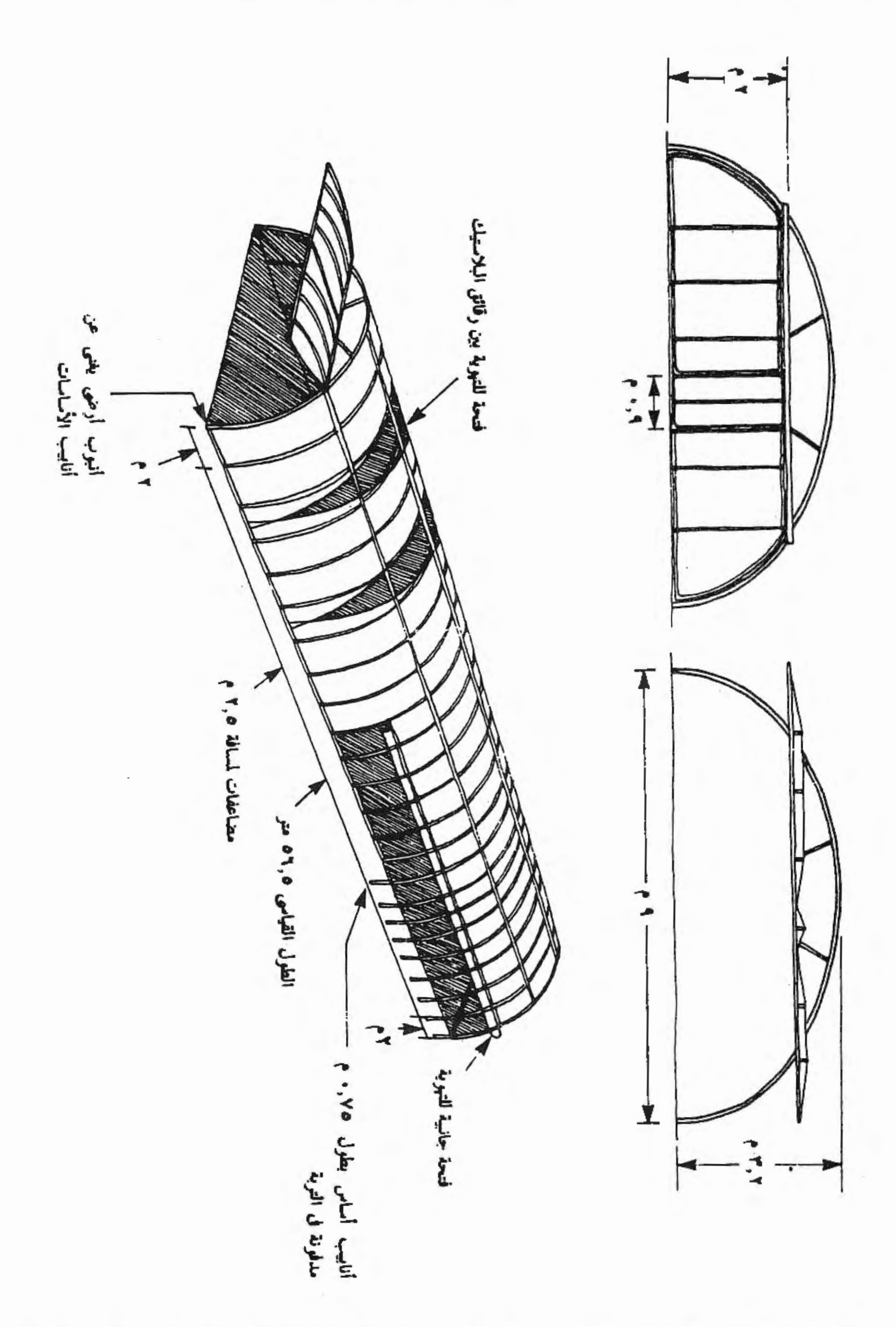


شكل (٣ - ٢١) : فتحات كبيرة للتهوية تمتد بين شرائح البلاستيك المغلفة للبيت ، وتناسب المناطق المعتدلة .

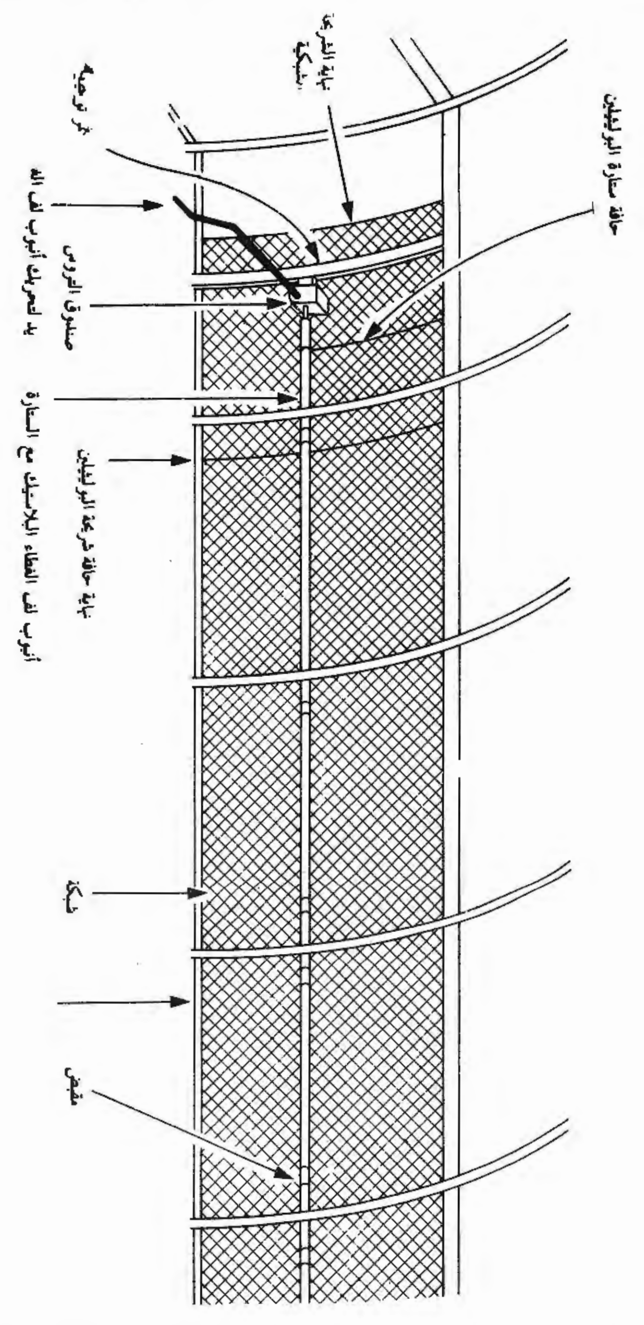


شكل (٣ - ٢٢) : فتحات واسعة للتهوية فى سقف البيت تناسب المناطق الحارة (عن Clovis Lande - إنجلترا) .

تغطى بشباك خاصة ، كتلك المبينة فى شكل (٣ - ٢٣) ، والتى تظهر تفاصيلها ، وكيفية التحكم فى فتحها وإغلاقها فى شكل (٣ - ٢٤) .



شكل (٣ - ٢٣) : أنواع مختلفة من فتحات التهوية الواسعة بين شرائح البلاستيك ، وبامتداد الجانبين الطويلين ، مع إمكانية رفع الأبواب إلى أعلى لزيادة التهوية (عن شركة Fordinbridge - إنجلترا) .



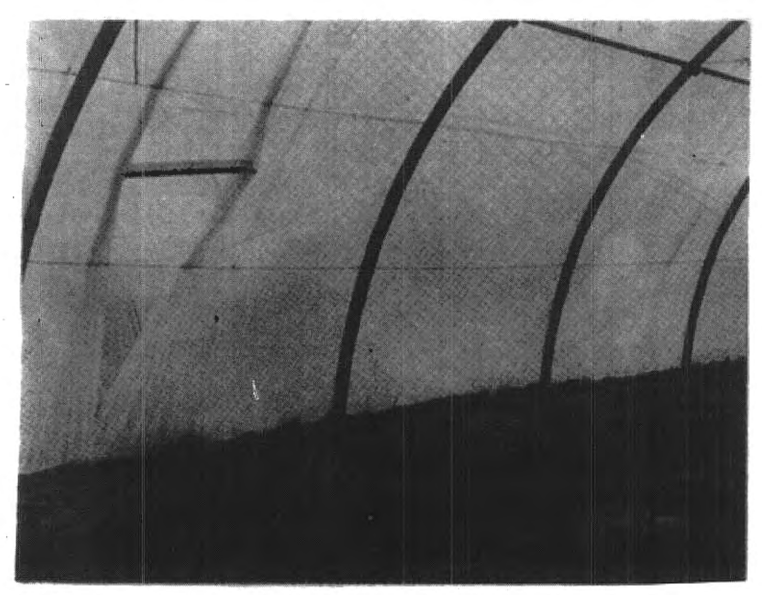
شكل (٣ - ٢٤) : تخطيط لفتحة تهوية بامتداد الجانب الطولى للبيت يبين الغطاء الشبكى للفتحة ، وكيفية التحكم فى فتحها وإغلاقها (عن شركة Fordinbridge - إنجلترا) .

ويتم التحكم فى فتح وإغلاق فتحات التهوية بإحدى الطرق الآتية :

١ - يدويا بفتح أو إغلاق الأبواب أو فتحات التهوية الكبيرة .

٢ - يدويا بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك ، كما فى شكلى (٣ - ٢٥ ، ٣ - ٢٦) ، أو بتروس ، كما فى شكل (٣ - ٢٧) . يستعمل فى هذا النظام سلك فولاذى بقطر ٣مم يتصل بعجلة .

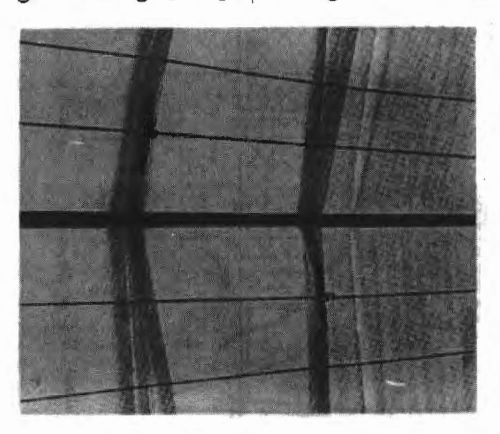
٣ - آليا كما فى شكل (٣ - ٢٨) ؛ حيث يتم توصيل فتحة التهوية بمنظم الحرارة الذى يعمل على تشغيل جهاز منافذ التهوية عند ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .



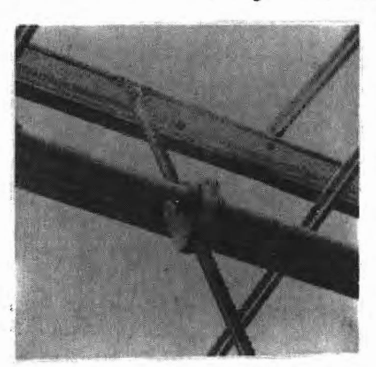
شكل (٣ - ٢٥) : نظام التحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلة خاصة تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto - هولندا) .

التهوية بنظام المنافذ والمراوح

يتبع نظام المنافذ والمراوح للتهوية فى البيوت الكبيرة التى لا تفيد معها منافذ التهوية العادية ، خاصة فى الجو الحار . وتستخدم لأجل ذلك مراوح كبيرة تعمل على طرد



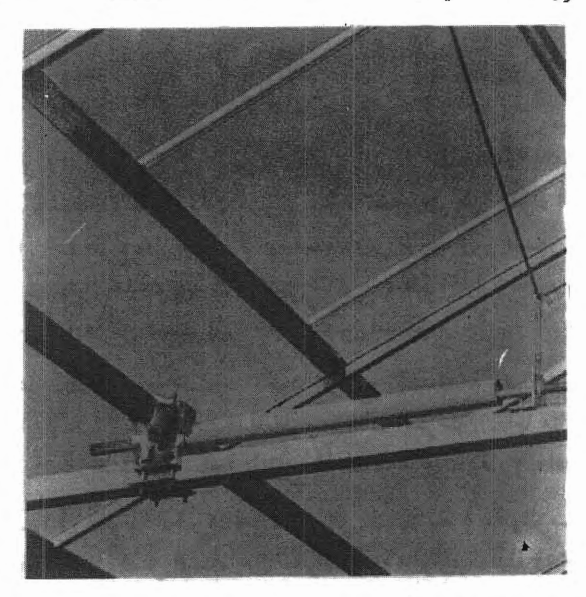
شكل (٣ - ٢٦) : نظام آخر للتحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلةٍ خاصةٍ تتصل مع فتحات التهوية بأسلاك (عن Roverto - هولندا) .



شكل (٣ - ٢٧) : نظام التحكم فى فتح وإغلاق منافذ التهوية بإدارة عجلةٍ خاصةٍ تتصل مع فتحات لتهوية بتروسٍ ، ويمكن تشغيلها آليًا (عن H.A.G - إنجلترا) .

الهواء الدافىء خارج البيت من أحد الجانبين ليحل محله هواء خارجى بارد من المنافذ التى توجد فى الجانب الآخر . تظل المنافذ مفتوحة طوال الوقت فى الجو الحار ، بينما يتم توصيل المراوح بمنظم الحرارة الذى يتحكم فى تشغيلها عند وصول درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به .

وللحصول على أعلى كفاءةٍ ممكنةٍ يجب أن تكون المرواح المستخدمة قادرةً على سحب كل هواء البيت بمعدل مرةٍ فى الدقيقة ، ويفضل استخدام المراوح ذات السرعتين . أما منافذ التهوية ، فيجب أن تكون مساحتها ٤ - ٥ أضعاف مساحة المراوح المستخدمة على الأقل (Sheldrake ١٩٧١) .



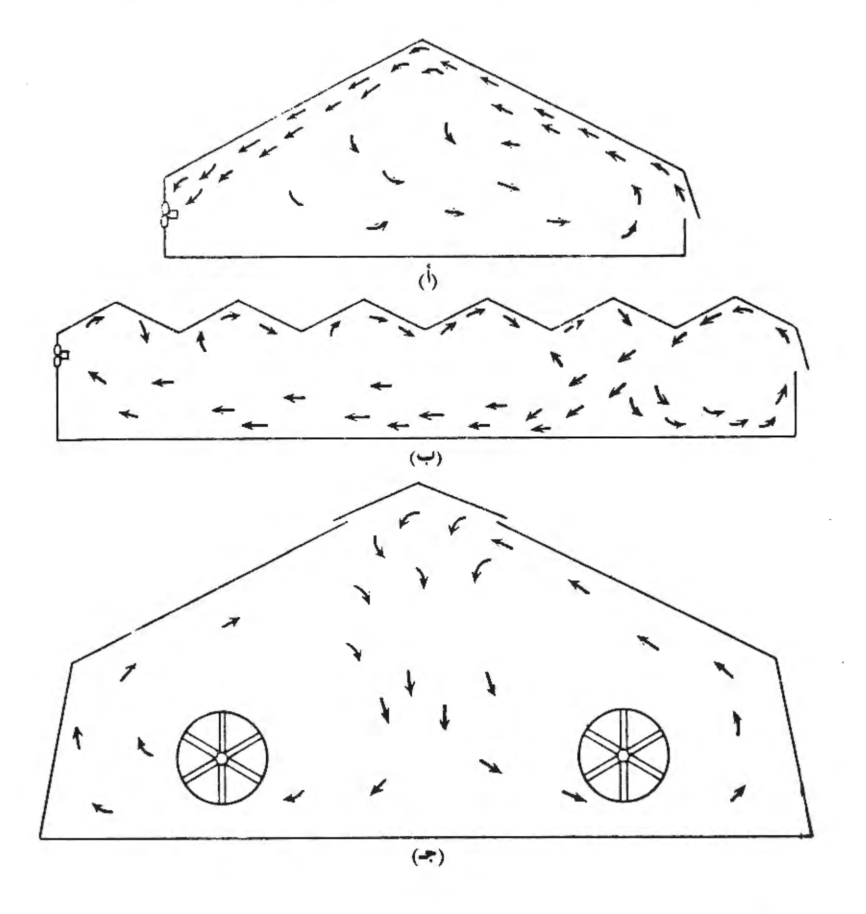
شكل (٣ - ٢٨) : نظام التحكم الآلى فى فتحات التهوية (عن J.t.provence - فرنسا) .

يتبع هذا النظام عادةً فى البيوت الكبيرة المجهزة بوسائل التبريد بالمروحة والوسادة ؛ حيث يكتفى فيها بتشغيل المراوح فقط خلال فصل الشتاء حينما تكون درجة الحرارة معتدلةً فى الجو الخارجى ، بينما يتم تشغيل نظام التبريد فى الجو الحار .

ويبين شكل (٣ - ٢٩) مسار التحركات الهوائية داخل البيت عند اتباع هذا النظام فى التهوية ، وذلك فى كلٍ من البيوت المفردة ذات الشكل الجمالونى المتناظر الانحدار والبيوت الكبيرة المتصلة بنظام القنوات والخطوط .

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية المعلقة

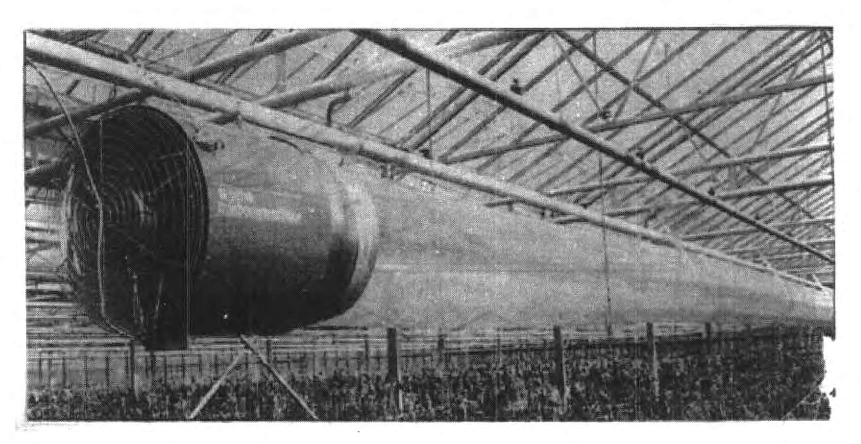
تستخدم فى هذا النظام للتهوية أنبوبة من البوليثيلين بقطر ٥٠ - ٧٥ سم تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات (شكل ٣ - ٣٠) . توجد بهذه الأنبوبة ثقوب صغيرة على الجانبين فى الجهة السفلية يخرج منها الهواء ليتوزع فى أرجاء البيت، وهى مسدودة من أحد طرفيها ، ومفتوحة من الجانب الآخر على المنفذ الذى يأتيها منه الهواء .



شكل (٣ - ٢٩) : مسار التحركات الهوائية عند التهوية . (أ) فى بيتٍ مفردٍ على شكل جمالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحة التهوية فى جانب البيت ، والمراوح الساحبة للهواء فى الجانب الآخر . (ب) فى مجموعةٍ من البيوت المتصلة على شكل القنوات والخطوط بنظام التهوية السابق نفسه . (جـ) فى بيتٍ مفردٍ على شكل جمالون متناظر الانحدار ، مع وجود فتحات التهوية فى قمة البيت .

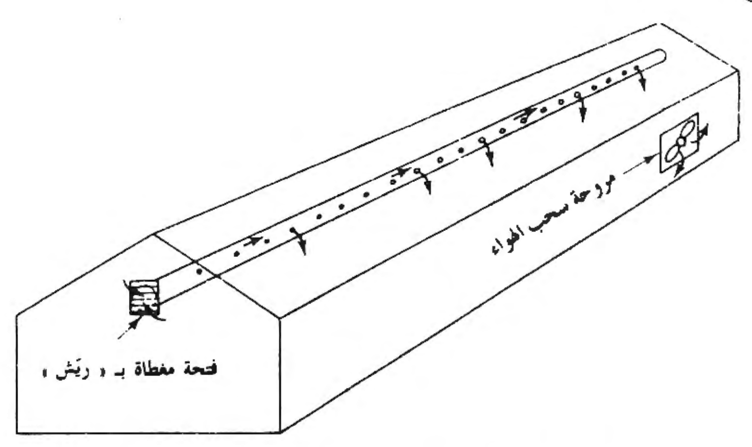
التهوية فى الجو البارد

يفضل اتباع نظام الأنبوبة البلاستيكية للتهوية فى الجو البارد ؛ حيث يكون الهواء الخارجى باردا بدرجة قد تضر بالنباتات القريبة من فتحات التهوية . ولتلافى ذلك يسمح لهذا الهواء بالدخول إلى الأنبوبة البلاستيكية أولا ؛ حيث يتوزع منها بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .



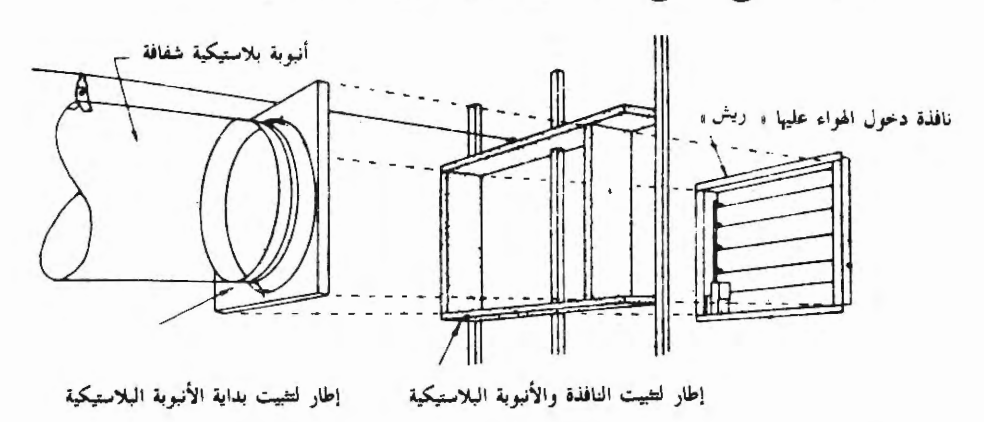
شكل (٣ - ٣٠) : أنبوبة بلاستيكية تتدلى من سقف البيت بطوله أعلى مستوى النباتات ، ويمكن أن تستخدم فى التهوية فى الجو البارد ، وفى توزيع الهواء الدافئ ، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

ويوضح شكل (٣ - ٣١) الكيفية التى يتم بها عمل هذا النظام : تثبت مروحة كبيرة ساحبة للهواء فى جانب من البيت ، بينما يوصل أحد طرفى الأنبوبة البلاستيكية بفتحة فى جانب آخر . ويؤدى تشغيل المروحة إلى توليد تفريغ داخل البيت ؛ فيندفع الهواء بالتالى من خارج البيت خلال الفتحة المطلة على الأنبوبة البلاستيكية لتنتفخ الأنبوبة بالهواء الخارجى البارد الذى يخرج من خلال الفتحات الصغيرة ليوزع بالتدريج فى جميع أرجاء البيت .



شكل (٣ - ٣١) : تخطيط للكيفية التى تتم بها التهوية فى الجو البارد بنظام الأنبوبة البلاستيكية (عن Nelson ١٩٨٥) .

هذا . . وتغطى الفتحة الخارجية بـ « ريش » خاصة تثبت فى إطار خشبى فى جدار البيت ، وتتصل الأنبوبة البلاستيكية بهذا الإطار من الناحية الداخلية للجدار (شكل ٣ - ٣٢) . ويتم فتح هذه « الريش » بمجرد اندفاع الهواء من خلالها إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية . وقد يتحكم قفل خاص فى فتحها وإغلاقها ، ويتم تشغيله بواسطة منظم الحرارة ؛ حيث يفتح مع تشغيل المروحة فى آن واحد . وليس لموقع المروحة الساحبة للهواء أهمية كبيرة ؛ نظرا لأن كل وظيفتها هى توليد تفريغ داخلى طفيف يسمح باندفاع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .



شكل (٣ - ٣٢) : تخطيط يوضح مكان اتصال الأنبوبة البلاستيكية بفتحة التهوية التى توجد فى جدار البيت .

ويجب أن تُعْطَى أهمية خاصة لقدرة المروحة على سحب الهواء من البيت ؛ نظرا لتأثير ذلك على كفاءة عملية التهوية . وتختلف التقديرات فى هذا الأمر من ٠,٤٦ - ١,٢٢ مترًا مكعبًا من الهواء المسحوب من البيت فى الدقيقة لكل مترٍ مربعٍ من مساحة البيت بمتوسط قدره ٠,٨٤ م^{٣} فى الدقيقة .

تعمل التهوية بهذا المعدل - تحت الظروف القياسية - على عدم ارتفاع درجة الحرارة داخل البيت لأكثر من ٨ْم عن الجو الخارجى . فإذا أُريدت المحافظة على فرق أقل فى درجة الحرارة بين الهواء الداخلى والخارجى ، وجبت زيادة معدل دخول الهواء البارد . ويستخدم لأجل ذلك معامل التصحيح (F_{winter}) المبين فى جدول

(٣ - ١٤) ، والذى يطلق عليه اسم معامل التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة .

هذا . . والظروف القياسية المشار إليها هى ألا يزيد منسوب البيت على ٣٠٥م على سطح البحر ، وألا تزيد شدة الإضاءة داخل البيت على ٥٠٠٠ قدم - شمعة (٥٣,٨ klux) فإذا اختلفت الظروف الحقيقية عن القياسية ، لزم تصحيح معدل سحب الهواء باستعمال معاملات التصحيح التى سبقت الإشارة إليها فى جدولى (٣ - ٩ ، ٣ - ١١) .

جدول (٣ - ١٤) : معامل تصحيح التهوية للفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (F_{winter}) .

	الفرق المسموح به فى درجة الحرارة بين داخل وخارج البيت (ْم)									
	١٠	٩,٤	٨,٩	٨,٣	٧,٨	٧,٢	٦,٧	٦,١	٥,٦	٥,٠
F_{winter}	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٩٤	١٠٠	١,٠٧	١,١٥	١,٢٥	١,٣٧	١,٥٠	١,٦٧

كذلك يجب الاهتمام بحساب عدد الأنابيب البلاستيكية اللازمة للتهوية ، ومساحة الثقوب بها ، لأن كل أنبوبةٍ بقطر ٧٥سم تكفى لتهويةٍ نحو ٩ أمتار من عرض البيت (أى ٤,٥م على كل جانب من جانبيها) .

وتكون الثقوب عادة صغيرة ، لكن مساحتها الإجمالية يجب أن تكون فى حدود ١,٥ - ٢ ضعف مساحة مقطع الأنبوبة . ونظرا لأن الأنبوبة تمتد بطول البيت ؛ لذلك تجب فى حالة البيوت الطويلة زيادة المسافة بين الثقوب ؛ حتى تظل مساحتها الإجمالية فى الحدود المشار إليها . هذا . . وغالبا ما تكون المسافة بين الثقوب ٦٠ - ٩٠ سم .

التهوية بنظام الأنبوبة البلاستيكية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يمكن استخدام نظام الأنابيب البلاستيكية فى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت مع إجراء التهوية فى الجو البارد . ولتحقيق ذلك . . تثبت المروحة الساحبة للهواء والأنبوبة البلاستيكية كالعادة ، لكن دون إيصال طرفها المفتوح بجدار البيت ، بل يظل على بعد ٦٠ - ١٢٠ سم من الفتحة الموجودة بالجدار . وتثبت على

الطرف المفتوح للأنبوبة مروحة دافعة للهواء تعمل باستمرار ؛ فتظل الأنبوبة دائما مملوءة بالهواء .

ففى حالة التهوية يؤدى تشغيل المروحة الساحبة للهواء إلى إحداث تفريغٍ جزئيّ فى البيت ، فيندفع الهواء من خلال الفتحة التى توجد فى جدار البيت (والتى تكون مغطاة بـ«ريّش» خاصة تفتح عند اندفاع الهواء من خلالها) ، لتتلقفه المروحة القريبة المثبتة فى طرف الأنبوبة البلاستيكية ، وتدفعه داخل الأنبوبة ليتوزع فى جميع أرجاء البيت . ويجب أن تكون قدرة المروحة الدافعة للهواء إلى داخل الأنبوبة مساويةً لقدرة المروحة الساحبة للهواء من البيت ، وإلا تدفق جزء من الهواء الخارجى البارد الداخل إلى البيت إلى أسفل نحو النباتات ، بدلا من سحبه إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية .

أما عندما لا تعمل المروحة الساحبة للهواء من داخل البيت (أى عندما لا تكون هناك حاجة إلى التهوية) ، فإن المروحة التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة البلاستيكية (والتى تعمل باستمرار) تؤدى إلى تحريك هواء البيت باستمرار ، محققةً المزايا الآتية :

١ - تجانس درجة الحرارة داخل البيت بتحريك الهواء الدافئ الذى يتجمع أعلى البيت ، ومنع تكتل الهواء البارد حول النباتات .

٢ - تحريك غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يقل تركيزه حول النبات .

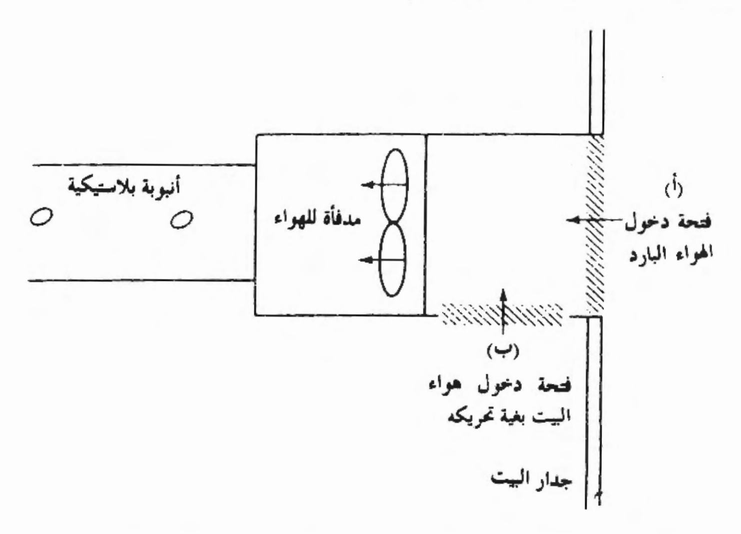
٣ - تقليل فرصة الإصابة بالأمراض بتقليل الرطوبة النسبية حول الأوراق (Sheldrake ١٩٦٧) .

التهوية والتدفئة بنظام الأنبوبة البلاستيكية ، مع المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت

يحدث أحيانا فى فصل الشتاء أن تحتاج البيوت إلى التهوية نهارا والتدفئة ليلا . ويمكن تحقيق ذلك بنظامٍ واحدٍ تستخدم فيه أنبوبة بلاستيكية مثقبة ، كما فى حالة التهوية . ينتهى طرف الأنبوبة قبل جدار البيت بنحو ٦٠سم ؛ حيث تحاط هذه المسافة بما يشبه الصندوق ، كما فى شكل (٣ - ٣٣) . ويوضع جهاز التدفئة مقابل الفتحة (ب) بالشكل ، أما الفتحة (أ) ، فهى فى جدار البيت لدخول الهواء البارد عند

الحاجة إلى التهوية . وكلتا الفتحتين مغطاة بـ «ريّش» خاصة ، ويمكن إحكام غلقها . وتثبت فى بداية الأنبوبة مروحة دافعة للهواء داخل الأنبوبة .

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل البيت إلى الحد الأقصى المسموح به تفتح الفتحة (أ) وتغلق الفتحة (ب) ، وتعمل المروحة الساحبة للهواء التى توجد فى مكان آخر بالبيت ؛ فيندفع الهواء البارد الخارجى من الفتحة (أ) ، ومنه إلى الأنبوبة البلاستيكية من خلال المروحة التى تعمل باستمرار .

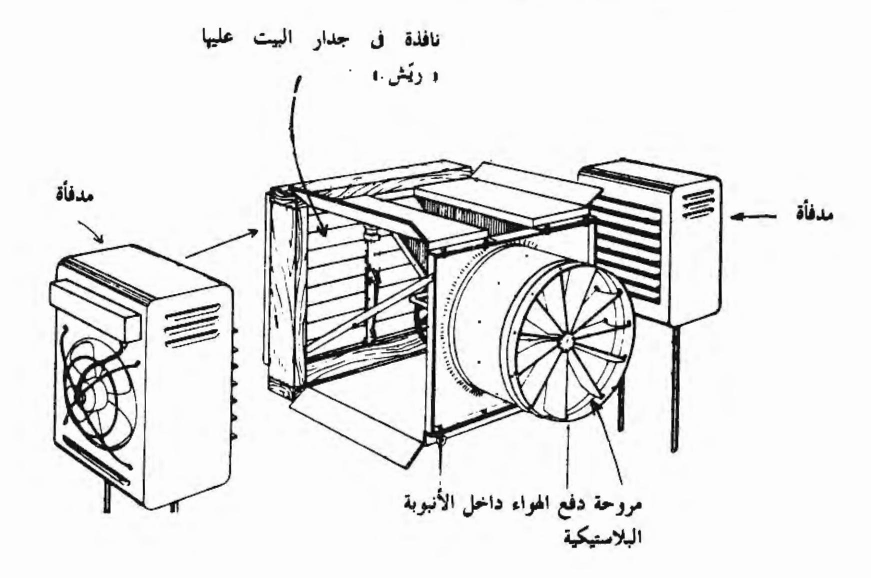


شكل (٣ - ٣٣) : تخطيط يوضح كيفية استخدام نظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية ، والتدفئة ، والمحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

وعندما تنخفض درجة الحرارة داخل البيت إلى المجال المناسب تقفل الفتحة (أ) ، وتفتح الفتحة (ب) ، وتتوقف المروحة الساحبة للهواء من البيت عن العمل ، لكن يستمر تشغيل المروحة التى تدفع الهواء إلى داخل الأنبوبة ؛ حيث تمتلئ بهواء البيت ؛ فتعمل بذلك على تجانس درجة الحرارة داخل البيت .

ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة ليلا يبدأ جهاز التدفئة فى العمل مع استمرار الوضع على ما هو عليه (الفتحة « أ » مغلقة ، والفتحة « ب » مفتوحة ، والمروحة الساحبة للهواء من البيت لا تعمل ، والمروحة الدافعة للهواء داخل الأنبوبة تعمل) ؛

فيندفع الهواء الساخن إلى داخل الأنبوبة ليتم توزيعه فى أرجاء البيت . ويوضح شكل (٣ - ٣٤) تجسيما لهذا النظام مع استعمال مدفأتين .



شكل (٣ - ٣٤) :رسم مجسم بنظام الأنبوبة البلاستيكية فى التهوية عند استخدامه أيضاً فى التدفئة، وفى المحافظة على تجانس درجة الحرارة داخل البيت (عن Hannan وآخرين ١٩٧٨) .

استعمال مراوح التوزيع المحركة للهواء فى البيوت المحمية غير المهواة

درس Fernandez & Bailey (١٩٩٤) تأثير مراوح التوزيع المحركة للهواء داخل الصوبة Air Recirculation Fans على تجانس الظروف البيئية فيها ، ومدى تأثر ذلك بطول نباتات الطماطم النامية بها ، ووجدا ما يلى :

١ - قل التجانس الذى أحدثته مراوح توزيع الهواء كلما ازدادت شدة الإضاءة خارج الصوبة .

٢ - كان متوسط قياسات العوامل البيئية فى الأيام المشمسة - خلال فترة الدراسة - كما يلى : الإشعاع الشمسى خارج البيت ٤٤٥ وات/م^{٢} ، ودرجة الحررة داخل الصوبة ٣٠°م ، وضغط بخار الماء داخل الصوبة ٣,٧٨ كيلو باسكال ، وتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ٦٣٠ جزءاً فى المليون .

٣ - تحت هذه الظروف . . كانت الاختلافات فى العوامل البيئية المقيسة داخل الصوبة - فى حالة عدم تشغيل مراوح التوزيع - كما يلى : ٧ْم فى حرارة الصوبة ، وكيلو باسكال واحد فى ضغط بخار الماء ، و١٥٠ جزءاً فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون .

٤ - وعند تشغيل مراوح التوزيع كانت الاختلافات فى العوامل البيئية داخل الصوبة كما يلى : ١,٦ْم فى حرارة الصوبة ، و٠,٣ كيلو باسكال فى ضغط بخار الماء ، و٢٠ جزءاً فى المليون فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون .

٥ - أدى نمو النباتات إلى ضَعْفِ تجانس سرعة حركة الهواء فى مختلف أنحاء الصوبة ؛ حيث كانت النسبة بين أعلى وأقل سرعة هواء ٢ : ١ فى الصوبة الخالية ، مقارنةً بـ ٧ : ١ عندما بلغ طول النباتات ٢,٦م . وكانت أقل سرعة للهواء - عند وجود نباتات طويلة فى الصوبة - خلال الأجزاء السفلى من النموات الخضرية .

٦ - حدثت أضرار بسيطة بأوراق وثمار النباتات المواجهة لمراوح التوزيع مباشرة .

الرطوبة النسبية

تزداد قدرة الهواء على حمل الرطوبة كلما ارتفعت درجة حرارته (شكل ٣ - ١٦) ؛ وبذا . . فإن أى ارتفاعٍ ، أو انخفاضٍ فى درجة حرارة هواء الصوبة (دون أى تغيرٍ فى كمية بخار الماء المطلقة التى يحملها الهواء) تؤدى - تلقائيًا ، وعلى التوالى - إلى انخفاضٍ أو ارتفاعٍ فى رطوبته النسبية ، يتوقف مداه على مقدار الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة .

ويترتب على ذلك ارتفاع الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة فى الحالات التالية :

١ - عند انخفاض درجة الحرارة ليلاً .

٢ - عند انخفاض درجة الحرارة نهارًا بفعل التبريد .

٣ - عند زيادة محتوى الهواء من بخار الماء بفعل التبريد بنظام المروحة والوسادة ، أو بالتبريد بالزذاذ mist تحت ضغطٍ عالٍ .

٤ - عند وجود قصورٍ فى عملية التهوية ؛ بسبب تراكم بخار الماء الناتج من التبخر من التربة ، والنتح من النباتات .

كما تنخفض الرطوبة النسبية فى هواء الصوبة فى الحالات التالية :

١ - عند العناية بإجراء التهوية بصورة مناسبة .

٢ - عند إجراء التدفئة الصناعية شتاءً ، وخاصة عند ممارسة التدفئة - مع التهوية - على فترات ؛ للتخلص من الرطوبة التى تتراكم أولا بأول .

وبذا . . فإنه يمكن التحكم فى الرطوبة النسبية - سواء بالارتفاع ، أم بالانخفاض - بملاحظة الأمور التى أسلفنا بيانها . كما يمكن إجراء هذا التحكم آليًّا بوضع مقياس للرطوبة humidistat فى الصوبة ، وتوصيله بأىّ من جهاز « المست Mist » ، أو مروحة التبريد الصحراوى ، أو مروحة التهوية ، أو منافذ التهوية ؛ بحيث تبقى الرطوبة النسبية فى المدى المناسب لأطول فترةٍ ممكنة .

ومن أبرز أضرار الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض (الأقل من ٢٥٪) ضَعْف عقد الثمار ؛ بسبب جفاف المياسم وحبوب اللقاح فى هذه الظروف .

أما الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع (الأعلى من ٩٠٪) فإن مضارها كثيرة ، كما يلى :

١ - يؤدى أى انخفاضٍ فى درجة الحررة (كما يحدث ليلا) إلى تكثف الندى على النموات النباتية ؛ الأمر الذى يعمل على ظهور الإصابات المرضية الفطرية والبكتيرية وسرعة انتشارها .

٢ - يتكثف الندى كذلك على الغطاء البلاستيكى ، ثم يتجمع على شكل قطرات تتساقط على النباتات ؛ لتُحْدثَ بها أضراراً . ومن ناحيةٍ أخرى . . فإن تكثف الندى على الغطاء البلاستيكى يفيد فى منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء التى تنطلق من التربة والنباتات أثناء الليل ؛ الأمر الذى يرفع قليلا من درجة حرارة الصوبة فى الليالى الباردة .

٣ - تؤدى الرطوبة النسبية العالية - ذاتها - إلى انتشار عديدٍ من الأمراض الفطرية ؛ مثل البياض الزغبى ، والعفن الرمادى Grey mould .

٤ - تزداد - بشدة - الأضرار التى تحدثها ملوثات الهواء - التى تنتج عن الاحتراق غير الكامل للوقود المستخدم فى تدفئة البيوت المحمية ، أو لأجل تزويدها بغاز ثانى أكسيد الكربون - عندما يكون ذلك مصاحبًا بارتفاع فى الرطوبة النسبية لهواء البيت ،

وخاصة عندما تكون النباتات قد تعرضت لرطوبةٍ عاليةٍ قبل تعرضها لملوثات الهواء . ويتوقف مدى الضرر على نوع الملوثات (لأن بعضها - مثل SO_2 - يؤثر على وظائف الثغور) ، والوقت الذى تتعرض فيه النباتات لها (لأن الأضرار المحتملة لموثات الهواء تزداد نهارًا أثناء انفتاح الثغور) .

ولكن الرطوبة النسبية العالية تكون مطلوبة عند مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء Trialeurodes vaporariorium بالفطر Verticillium lecanii . تحتاج جراثيم الفطر إلى رطوبةٍ عاليةٍ لمدة ١٠ ساعات لكى تنبت ، على أن تتوفر رطوبة عالية مرةً أخرى - بعد ذلك - عندما يبدأ الفطر فى التجرثم من جديدٍ (عن Grange & Hand ١٩٨٧) .

هذا . . وتتباين نتائج الدراسات حول تأثير الرطوبة النسبية على النمو النباتى . فبينما تُظهر معظم دراسات حجرات النمو تحسنًا فى نمو الشتلات مع الارتفاع المستمر فى الرطوبة النسبية ليلا ونهارًا ، نجد تباينًا واضحًا فى تأثير الرطوبة النسبية على المحصول تحت ظروف البيوت المحمية . ففى المدى الرطوبى الذى تتعرض له النباتات - عادةً - فى البيوت المحمية (٠,٢ - ١,٠ كيلوباسكال kPa) - وفى غياب الإصابات المرضية - أدت زيادة الرطوبة النسبية إلى زيادة المحصول فى الخيار ، ونقصه فى الطماطم ، بينما لم يتأثر محصول الفلفل .

ويتبين من دراسات Bakker (١٩٩٠) أن نمو نباتات الباذنجان لم يتأثر بمستوى الرطوبة الجوية ، بينما نقص المحصول عند استمرار ارتفاع الرطوبة ، وازداد ذبول وانكماش كأس الثمرة (وهو أحد العيوب الفسيولوجية الهامة التى تؤثر سلبيًا على مظهر الثمار وقيمتها التسويقية ، وتشجع على إصابتها بالأعفان أثناء التخزين) عند استمرار انخفاض الرطوبة النسبية . هذا . . بينما أدت زيادة الرطوبة النسبية نهارًا إلى زيادة حجم الثمار .

ومن المعروفة أن للرطوبة النسبية تأثيرًا كبيرًا على امتصاص الكالسيوم وتوزيعه فى النبات ؛ ذلك لأن الكالسيوم يتحرك فى النبات مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح ؛ وبذا . . نجد أن نقص الرطوبة النسبية يؤدى إلى زيادة معدل النتح ؛ وبالتالى زيادة

امتصاص الكالسيوم . كما يتجمع الكالسيوم فى الأوراق والسبلات (التى تكون الكأس فى الثمار) ؛ لأنها تنتح ، بينما لا يصل سوى القليل من العنصر إلى الثمار ؛ لأنها لا تنتح إلا قليلا ؛ وبذا يمكن أن تظهر عيوب فسيولوجية – تنتج عن نقص الكالسيوم – مثل تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل ، والثمار الإسفنجية Pillowy Fruit فى الخيار .

وبينما تؤدى زيادة الرطوبة النسبية إلى نقص امتصاص عنصر الكالسيوم – بسبب خفضها لمعدل النتح – فإن ذلك يساعد على انتقال الكالسيوم إلى الثمار ، وخاصة أثناء الليل .

التحكم فى الإضاءة

يمكن التحكم فى الإضاءة فى البيوت المحمية من خلال التحكم فى كلٍّ من شدة الإضاءة والفترة الضوئية ، سواء بالزيادة أم النقصان .

التحكم فى شدة الإضاءة

خفض شدة الإضاءة

يتطلب الأمر خفض شدة الإضاءة فى حالاتٍ خاصةٍ ؛ هى :

١ – خلال فصل الصيف فى الجو الصحو بالمناطق الحارة ؛ حيث تزداد شدة الإضاءة بدرجةٍ كبيرةٍ ، ويتحول جانب كبير من الإشعاع الشمسى إلى طاقةٍ حراريةٍ ؛ فترتفع بذلك درجة الحرارة كثيراً داخل البيوت .

٢ – عند إنتاج بعض نباتات الزينة (نباتات الظل) .

ويتم التحكم فى شدة الإضاءة بصورةٍ جيدةٍ باستعمال شباك التظليل البلاستيكية المناسبة التى تُحدث تظليلا بدرجاتٍ تتراوح بين ١٠٪ و٩٠٪ حسب الحاجة . كما يمكن خفض شدة الإضاءة برش غطاء البيت من الخارج بالجير ، إلا أن ذلك يترك رواسب يصعب التخلص منها عند حلول فصل الشتاء .

زيادة شدة الإضاءة

نجد فى المناطق الشمالية الباردة أن أشعة الشمس تسقط على سطح الأرض خلال فصل الشتاء بزاوية صغيرة كما تكون السماء ملبدةً بالغيوم معظم ساعات النهار . ويتبع ذلك أن تكون الإضاءة ضعيفةً فى هذه المناطق ؛ مما يستلزم توفير بعض الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية . ومما يساعد على جعل هذه الإضاءة الإضافية أمراً اقتصادياً فى هذه المناطق أن البيوت المحمية تظل مغلقةً خلال فصل الشتاء بسبب برودة الجو ؛ مما يستدعى تغذية البيوت بغاز ثانى أكسيد الكربون. وقد أوضحت عديد من الدراسات أن استفادة النباتات من غاز ثانى أكسيد الكربون المضاف تزداد مع زيادة شدة الإضاءة .

مصادر الإضاءة الصناعية فى البيوت المحمية

من أهم مصادر الإضاءة الصناعية التى يمكن أن تستعمل فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ - المصابيح المتوهجة Incadescent Lamps ، أو (لمبات) التنجستين :

وهى مصابيح (لمبات) يتوهج فيها فتيل من التنجستين Tungsten Filament . تبعث اللمبة بالضوء من الفتيل الذى يسخن بدرجة كبيرة ، مرسلاً أشعة تبدأ من الطيف الأزرق (٣٥٠ مللى ميكرون) ، وتستمر حتى طيف الأشعة الحمراء (٧٥٠ مللى ميكرون) ، ويكون ضوء لمبات التنجستين غنيا فى محتواه من الأشعة تحت الحمراء التى تفقد فى صورة حرارة . ولا يتحول إلى ضوء سوى ٧٪ فقط من إجمالى الإشعاع الصادر منها . ولهذا . . فلمبات التنجستين تعد قليلة الكفاءة فى زيادة الإضاءة اللازمة لعملية البناء الضوئى ، إلا أنها تفيد فى زيادة تدفئة النباتات ، وفى التحكم فى إزهار النباتات التى تتأثر بالفترة الضوئية فى إزهارها

وبصورة عامة . . فإن لمبات التنجستين لا تستعمل فى الإضاءة فى البيوت المحمية ؛ بسبب إنتاجها لقدر زائد من الطاقة الحرارية . وعلى الرغم من أن نوعية الضوء الذى ينبعث منها يناسب بعض النباتات . . إلا أنها لا تصلح كمصدر للضوء الصناعى عند استعمالها بشدة إضاءة منخفضة بالقدر الذى يلزم لتجنب الحرارة الزائدة ، والتى تكون ضارةً فى أحيان كثيرة .

٢ - المصابيح الفلورية (النيون) Fluoresent Lamps :

تبعث لمبات الفلورسنت بضوءٍ منخفضٍ فى الأشعة الحمراء ، لا يحتوى على أية أشعة تحت حمراء ؛ ولذا نجد أن اللمبات تكون باردةً . ويحتوى ضوء لمبات الفلورسـنت على بقية ألوان الطيف بصورةٍ قريبةٍ من تلك الموجودة فى أشعة الشمس (جانيك ١٩٨٥) .

وتعتبر لمبات الفلورسنت أكثر استعمالاً فى حجرات النمو منها فى البيوت المحمية .

ومن أنواع اللمبات الفلورسنتية ذات الكفاءة العالية نوع يعرف باسم الأبيض البارد Cool white ، ونوع آخر يعرف باسم الأبيض الدافئ Warm white ، وكلاهما يحول نحو ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى طاقةٍ ضوئية (مقارنةً بنحو ٥٪-٧٪ فقط فى لمبات التنجستين) ، وأكثرهما استعمالاً النوعُ الأبيضُ البارد . وفى كليهما يميل الطيف إلى السيادة فى منطقة الضوء الأزرق .

وتتوفر أنواع أخرى من اللمبات الفلورسنتية تحتوى على فوسفورٍ يشع طيفاً ذا موجاتٍ ضوئية أكثر مناسبةً لعملية البناء الضوئى ؛ مثل لمبات مجموعة Plant Gowth A التى يزيد إشعاعها فى مدى الضوء الأحمر ، ولمبات مجموعة Plant Growth B التى يكثر إشعاعها فى مدى الموجات التى يزيد طولها على ٧٠٠ مللى ميكرون .

ومن أهم العوامل التى تحد من استعمال اللمبات الفلورسنتية انخفاض شدة الإضاءة المنبعثة منها ؛ الأمر الذى يستدعى زيادة عدد اللمبات التى يتعين استخدامها لتأمين الإضاءة المناسبة ؛ وهو ما يعنى زيادة التكاليف ، مع زيادة التظليل الناشئ عن الـ fixtures المستخدمة فى تثبيت اللمبات فى مكانها .

ويعمل الجمع بين لمبات التنجستين ولمبات الفلورسنت على تحقيق نوعٍ من التكامل والتوازن بينهما ؛ حيث تكون الأشعة الناتجة منهما أقرب من طيف أشعة الشمس أكثر من أيٍّ منهما منفردةً ، ويقل انطلاق الطاقة الحرارية ، وتزداد كفاءة استهلاك الطاقة الكهربائية مقارنةً باستعمال لمبات التنجستين منفردة .

٣ - مصابيح التفريغ ذات الشدة العالية High Intensity Discharge Lamps :

أنواعها كثيرة جداً ، ويستعمل بعضها فى الزراعات المحمية . ومن أمثلتها لمبات

التفريغ الزئبقية ذات الضغط العالى High-Pressure Mercury Discharge Lamps. يتشابه الطيف المنبعث منها - جزئياً - مع طيف اللمبات الفلورسنتية . وتحتوى بعض أنواعها (مثل الطراز : MBFR/U) على مسحوقٍ فلورسنتيٍّ يغطى السطح الداخلى لزجاج المصباح ؛ يحول معظم الأشعة فوق البنفسجية إلى موجاتٍ من الضوء المرئى ، وخاصةً من الطيف الأحمر ؛ الأمر الذى يجعل الضوء الصادر من المصباح أكثر صلاحيةً للنمو النباتى ، ويزيد كفاءتها - فى تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية مرئيةً - إلى ١٣٪ .

تتوفر كذلك - منها - مصابيح الهاليدات المعدنية ذات الضغط العالى Hih-Pressure Metal Halide ، وهى تحّول ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى طاقةٍ ضوئيةٍ فى المدى المفيد للنبات (من ٤٠٠ إلى ٧٠٠ مللى ميكرون) . ويعيبها أنها أكثر تكلفة من مصابيح الزئبق ذات الضغط العالى High-Pressure Mercury Lamps ، وتدوم لفترةٍ أقل منها ، كما تفقد كفاءتها بسرعة .

وتعتبر مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالى High-Pressure Sodium Lamps أكثر انتشاراً وأقل تكلفة . ويسود فى الطيف الناتج منها الموجات الطويلة ، وخاصةً موجات الضوء الأصفر (٥٨٩ مللى ميكرون) ، كما ينتشر طيفها ليشمل الضوء المرئى (من ٤٠٠ إلى ٧٠٠مللى ميكرون) ، ويستمر حتى ٨٥٠ مللى ميكرون . ويعد الإشعاع فى هذا المجال (من ٧٠٠ - ٨٥٠ مللى ميكرون) ضرورياً لزيادة طول الساق والوزن الطازج ، وتبكير الأزهار فى معظم الأنواع النباتية . وتتميز هذه المصابيح بأنها عالية الكفاءة ؛ حيث تحول ٢٥٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة إلى ضوءٍ مرئيٍّ (من ٤٠٠ - ٨٠٠ مللى ميكرون) ، وبأنها يمكن أن تستعمل - بكفاءةٍ - لمدة ٢٤ ألف ساعة .

كذلك تتوفر مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض Low-Pressure Sodium Lamps ، وهى أكثر المصابيح كفاءة على الإطلاق ؛ حيث إنها تحول ٢٧٪ من الطاقة الكهربائية المستعملة إلى طاقةٍ ضوئيةٍ مرئيةٍ ، وتخدم لمدة ١٨ ألف ساعة . ومن مميزاتها - كذلك - إمكان وضعها أقرب إلى النباتات - مقارنةً بلمبات الضغط العالى -

دون الخشية من ارتفاع حرارة النباتات ؛ الأمر الذى يفيد فى زيادة كفاءة استهلاك الكهرباء ، وزيادة تجانس الإضاءة .

ولكن يعيب مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض أن معظم طيفها يكون قريبا من ٥٨٩مللى ميكرون ، مع نسبة قليلة جداً فى المجال الموجى ٧٠٠ - ٨٥٠مللى ميكرون ؛ الأمر الذى يؤدى - حال استعمالها منفردة - إلى جعل بعض النباتات - مثل الخس - أبهت لونًا ، وأصغر حجمًا . ويمكن تجنب هذه المشكلة بجعل نحو ١٠٪ من الإضاءة المتوفرة للنباتات من مصابيح متوهجةٍ (لمبات تنجستين) ، أو من الإضاءة الطبيعية .

ويوضح شكل (٣ - ٣٥) أطوال الموجات الضوئية التى تبثها مختلف أنواع المصابيح التى ورد بيانها (عن Nelson ١٩٨٥) .

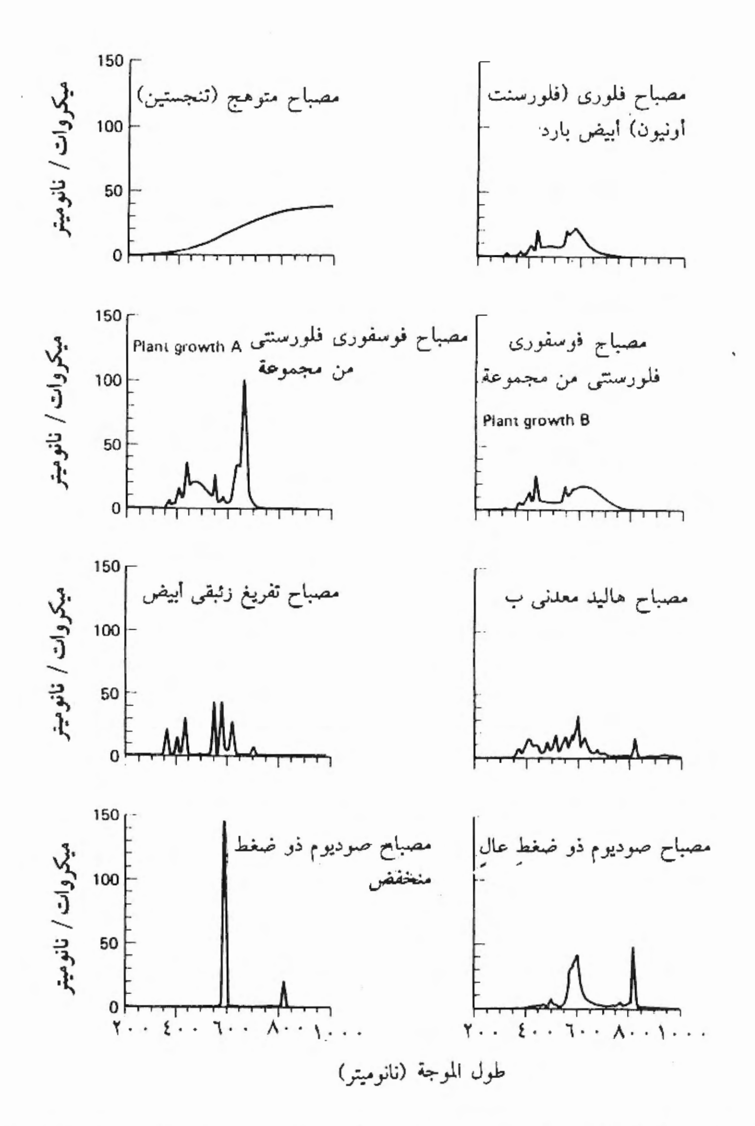
وإلى جانب الإضاءة الصناعية، فإن الاختيار الأمثل لشكل البيت واتجاهه ومادة الغطاء.. كل ذلك يساعد على زيادة نفاذية الضوء إلى داخل البيت.

كذلك فإن تنظيف أغطية البيوت من الأتربة التى تتراكم عليها خلال فصل الصيف يفيد كثيراً فى زيادة نفاذيتها لأشعة الشمس عند الحاجة إلى ذلك خلال فصل الشتاء. ويعتبر ذلك الإجراء ضرورياً فى بداية فصل الشتاء فى المناطق الباردة والمعتدلة على حدٍ سواء. وأفضل طريقة للتنظيف هى رش الغطاء أولاً بمحلول ٥٪ من حامض الأوكساليك، ثم غسله بالماء. ويجب تجنب استعمال ماء به نسبة مرتفعة من الجير، حتى لا يترك رواسب على الغطاء (Anon ١٩٨٠).

الاستعمال التجارى للإضاءة الصناعية

لاتستعمل الإضاءة الصناعية على النطاق التجارى إلاّ فى المناطق التى تنخفض فيها شدة الإضاءة الطبيعية إلى درجةٍ يضعف معها النمو النباتى ؛ حيث تؤدى الإضاءة الصناعية إلى زيادة النمو النباتى والمحصول . ويطبق ذلك على نطاقٍ تجاريٍ فى أوروبا شمال خط عرض ٥٠° ، وفى أمريكا الشمالية شمال خط عرض ٤٠° .

وقد تستعمل الإضاءة الصناعية فى هذه المناطق طوال موسم النمو ، ولكن الأكثر شيوعًا هو استعمالها فى المراحل المبكرة من النمو النباتى ، وخاصة فى المشاتل ؛ حيث تكون النباتات متزاحمةً فى مساحةٍ محدودة .



شكل (٣ - ٣٥) : الطيف الصادر عن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية المستعملة فى الزراعات المحمية .

فمثلاً . . تبدأ زيادة الإضاءة لبادرات الطماطم من مرحلة الإنبات ، وتستمر لفترة أسبوعٍ واحدٍ إلى ثلاثة أسابيع ؛ بشدة ٥٠٠٠لكس Lux (٤٦٥ قدم شمعة) ، لمدة ١٢ ساعة يوميًا ، على ألا تزيد فترة الإضاءة الكلية (الطبيعية والصناعية معًا) على

١٦ ساعة . تجعل هذه المعاملة الشتلات أسرع نمواً ؛ بحيث تصل إلى الحجم المناسب للشتل فى وقتٍ قصيرٍ نسبياً .

ووجد أن تعريض نباتات الطماطم الصغيرة لإضاءة شدتها ٥٠ ، و ١٠٠ ، و ١٥٠ ميكرومول/ ثانية/ م٢ ($umol.s^{-1}.m^{-2}$) - بطولٍ موجّيٍ يتراوح بين ٤٠٠ مللى ميكرون و ٧٠٠ مللى ميكرون ـ أدى إلى زيادة المحصول المبكر خلال الأسابيع الثلاثة الأولى من الحصاد بنسبة ١٩٪ ، و ٣١٪ ، و ٤٢٪ على التوالى .

كما تستعمل مع بادرات الخيار إضاءة صناعية شدتها ٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ لكس (٢٨٠ - ٤٦٥ قدم شمعة) ، ومع الخس إضاءة شدتها ٧٥٠٠ لكس ، إلى جانب الإضاءة الطبيعية . وقد وجد أن نمو الخس لمدة ١٠ أيام تحت إضاءة صناعية مستمرة شدتها ٥٠٠٠لكس (٤٦٥قدم شمعة) يعادل النمو الذى يحدث خلال ستة أسابيع - تحت ظروف الإضاءة الطبيعية - فى هذه المناطق .

وقد وجد Blain وآخرون (١٩٨٧) - فى كندا ـ أن زيادة شدة الإضاءة بمقدار ٣٠٠ ميكرومول/ ثانية / م٢ ($300\ um.s^{-1}/m^{-2}$) لمدة ١٨ساعة يوميًا - بالإضافة إلى الإضاءة الطبيعية - أحدثت زيادةً كبيرةً فى نمو نباتات الخيار ومحصولها .

وقد وجد أن زراعات الخس الرومين المحمية تستجيب لزيادة فترة الإضاءة - من ١٦ساعة إلى ٢٤ساعة - عند استعمال مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالى ؛ وذلك بزيادة محصول الخس بنسبة ٥٠٪ ، مقارنةً باستعمال المصابيح الفلورية (النيون) عند مستوى شدة الإضاءة نفسه ، على الرغم من أن استهلاك الكهرباء كان أقل فى النوع الأول بمقدار ٣٦٪ ، مقارنة بالاستهلاك فى النوع الثانى . وكان مرد ذلك إلى زيادة نسبة الأشعة التى تنبعث من مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالى من الموجات التى يتراوح طولها بين ٧٠٠مللى ميكرون و٨٥٠ مللى ميكرون (Koontz وآخرون ١٩٨٧) .

وعلى الرغم من تأكيد جميع الدراسات التى أجريت على الخس فى الزراعات المحمية استجابته الكبيرة لزيادة شدة الإضاءة ، سواء بزيادة المحصول ، أم بقصر فترة الإنتاج . . إلا أن ذلك يكون مصاحَباً - غالباً - بزيادةٍ فى شدة الإصابة باحتراق حواف الأوراق ، وهو عيب فسيولوجى ذو علاقة بكلٍّ من نقص الكالسيوم ومعدلات النمو العالية التى تحدث فى الظروف المثلى للنمو (Gaudreau وآخرون ١٩٩٤) .

كما أدت زيادة شدة الإضاءة لمدة ساعتين قبل شروق الشمس وساعتين أخريين بعد الغروب - فى إيطاليا - من لمبات فلورية بقوة ٦٥وات - إلى تبكير أول زهرة مؤنثة بمقدار ١٥يوماً فى الفاصوليا ، و ٩ أيام فى كلٍّ من الكوسة والخيار ، وإلى زيادة المحصول الكلى بنسبة ٦٧٪ ، و ٢٤٪ ، و ١٤٪ فى المحاصيل الثلاثة على التوالى (Foti وآخرون ١٩٩١) .

ويستدل من دراسات Warren Wilson وآخرين (١٩٩٢) على أن نباتات الخيار والطماطم التى يبلغ طولها نحو مترين تستقبل نحو ٧٦٪ - من أشعة الشمس الساقطة عليها - على الأسطح العلوية للأوراق ، بينما يفقد نحو ١٨٪ من الإشعاع فى الفراغات التى توجد بين النباتات . ويؤدى وجود بوليثيلين أبيض على سطح التربة إلى عكس الضوء الذى يصل إليه - إلى أعلى - الأمر الذى يجعل الأسطح السفلية للأوراق تستقبل نحو ١٣٪ من الإضاءة التى تستقبلها الأسطح العلوية .

التحكم فى الفترة الضوئية

يعتبر التحكم فى الفترة الضوئية بالزيادة أو بالنقصان إحدى المعاملات الزراعية الروتينية فى الإنتاج التجارى لبعض نباتات الزهور ؛ بغية التحكم فى موعد إزهرها . أما فى محاصيل الخضر ، فليس لذلك الأمر أهمية تذكر إلا فى الحالات التالية :

١ - فى البيوت المحمية المخصصة لأغراض البحوث كالدراسات الخاصة بالتأقّت الضوئى .

٢ - فى المناطق الشمالية شتاءً عندما تكون الفترة الضوئية أقصر مما يلزم للنمو النباتى الجيد .

هذا . . ويتم تقصير الفترة الضوئية بسواتر من القماش الأسود تثبت على حوامل خاصة أعلى النباتات ؛ لتمنع وصول الضوء إليها بعد عددٍ معينٍ من ساعات النهار . وتحركُ هذه السواتر يدويًا أو آلياً فى الوقت المحدد يوميا .

ويفضل استعمال ستائر ذات سطحٍ خارجيٍّ عاكسٍ للضوء ؛ حتى لا تتجمع الحرارة تحتها ؛ الأمر الذى قد يسبب أضراراً للنباتات . ويمكن الحد من هذه المشكلة بسحب الستارة من السابعة مساء وليس قبل ذلك .

أما زيادة طول الفترة الضوئية فإنها تتم بالإضاءة الصناعية . وإذا كان الهدف من

وراء ذلك هو تحسين ظروف النمو فى المناطق الشمالية شتاءً (حيث يكون النهار فيها قصيرًا للغاية) ، فإن المصابيح تتم إضاءتها لعدة ساعات يوميًا ابتداءً من قبل الغروب بنحو ساعة أو ساعتين . أما إذا كان الهدف من زيادة طول الفترة الضوئية هو تحفيز نباتات النهار الطويل (أو نباتات الليل القصير) على الإزهار . . فإن ذلك يتم بتوفير الإضاءة الصناعية - لفترةٍ قصيرة - فى منتصف فترة الظلام ؛ حيث تتحول صبغة الفيتوكروم Phytochrome Pigment - التى تتراكم فى النباتات أثناء الظلام -سريعًا - إلى الصورة Pfr - بمجرد تعرض النباتات للضوء ؛ الأمر الذى يحفز نباتات النهار الطويل على الإزهار .

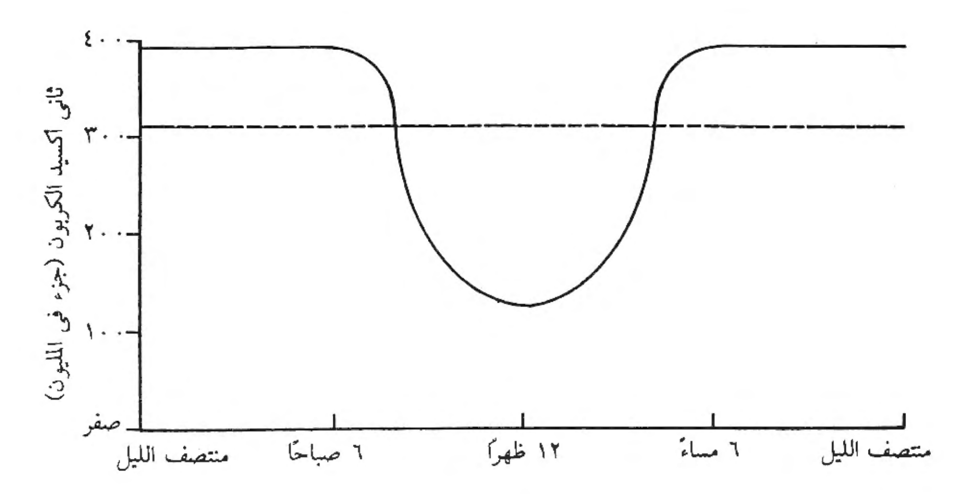
وتستعمل المصابية المتوهجة (التنجستين) فى كسر فترة الظلام الطويلة ؛ لأن نسبةً كبيرةً من الضوء الذى ينبعث منها يكون فى منطقة الضوء الأحمر المطلوب للصبغة Pr . كما يتم إحداث التأثير المطلوب بشدة إضاءةمنخفضة للغاية لاتتعدى ١١ - ٢٢ لكس (١ - ٢ قدم شمعة) فى معظم النباتات ، ولكن تستعمل - عادةً - إضاءة شدتها ١٠٨لكس (١٠ قدم شمعة) ، كما ينبغى وصول الضوء إلى الأوراق المكتملة النمو ؛ لتأمين إحداث التأثير المطلوب .

ويمكن جعل صبغة الفيتوكروم فى الصورة Pfr - دائما - بتوفير وميضٍ من الضوء - بشدة ١٠٨لكس (١٠قدم شمعة) - لمدة ثانيةٍ واحدة كل خمس ثوانٍ . وعلى الرغم من أن ذلك يوفر فى الطاقة الكهربائية المستهلكه ، إلا أنه يزيد من التكلفة الإنشائية لاحتياج هذا النظام إلى مفتاح تشغيلٍ ذى قدرةٍ كبيرةٍ على التحمل .

التحكم فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية

تستهلك النباتات غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى . فإذا ظلت البيوت المحمية مغلقةً لفترةٍ طويلة - كما هى الحال فى المناطق الباردة خلال فصل الشتاء - فإن تركيز الغاز ينخفض إلى معدلاتٍ شديدة الانخفاض يقل معها معدل البناء بدرجةٍ كبيرة . وقد أثبتت عديد من الدراسات أن نسبة الغاز تنخفض حول النموات النباتية النشطة فى البيوت المحمية أثناء النهار ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة (شكل ٣-٣٦) . ويصاحب ذلك نقص فى معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزءاً فى المليون (٠,٠١٦٪) . وعلى العكس من ذلك . . فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز

من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون (أى من التركيز الطبيعى ٠٣٣٥,٪ إلى ١,٠٪) وقد تصل الزيادة فى البناء فى الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة فى تركيز الغاز مصحوبة بإضاءةٍ قويةٍ وحرارةٍ مرتفعةٍ بالقدر المناسب للنمو النباتى (عـن Slack& Hand ١٩٨٤)

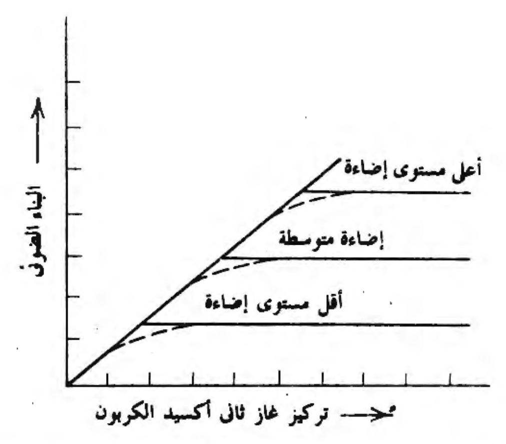


شكل (٣ - ٣٦) : التغيرات فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية المغلقة (الخط البيانى المتصل) ، مقارنة بنسبة الغاز فى الهواء الطلق (الخط المتقطع) (عن Ball ١٩٨٥)

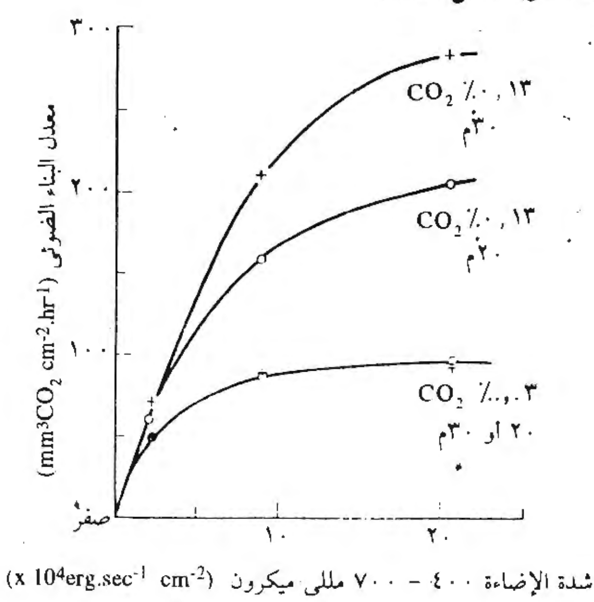
ويخضع تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على معـدل البناء الضـوئى لقانـون العامـل المحـدد Principle of the limiting factor كما هـو مبيـن فـى شكل (٣ - ٣٧) . فتؤدى زيادة تركيز الغاز إلى زيادة معدل البناءالضوئى إلى أن يصبح مستوى الإضاءة عاملا محددا ؛ فتتوقف الزيادة فى معدل البناء الضوئى . ومع زيادة مستوى الإضاءة تستمر الزيادة فى معدل البناء الضوئى مع زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ؛ حتى يصبح الضوء عاملاً محدداً مرةً ثانيةً . .وهكذا .

ويبين شكل (٢ -٣٨) كيف يتفاعل كل من تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون وشدة الإضاءة ودرجة الحرارة فى التأثير على معدل البناء الضوئى فى الخيار ؛حيث نجد فى جميع المنحنيات بالشكل أن معدل البناء الضوئى يزداد تدريجياً بزيادة شدة الإضاءة ، لكن الزيادة تظل محدودةً فى التركيز المنخفض للغاز أيًا كانت درجة الحرارة . ومع

زيادة تركيز الغاز يزداد معدل البناء الضوئى ، لكن هذه الزيادة تكون أكبر فى درجة الحرارة المرتفعة (٣٠ْم) منها فى درجة الحرارة المنخفضة (٢٠ْم) (عن Mastalerz ١٩٧٧) .



شكل (٣ - ٣٧) : تأثير شدة الإضاءة على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون (نظرية العامل المحدد) .



شكل (٣ - ٣٨) : تتداخل درجة الحرارة مع شدة الإضاءة فى التأثير على الزيادة التى تحدث فى معدل البناء الضوئى فى الخيار عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون .

وتتوقف الزيادة فى النمو - عند زيادة تركيز الغاز - على المحصول المزروع ، وحالته، وعمره ، والظروف البيئية الأخرى. فقد أوضحت عديد من الدراسات استجابة الطماطم والخيار والخس لهذه المعاملة . وعمومًا . . تكون الاستجابة كبيرة عندما يكون المحصول المزروع بحالة جيدة ، خاصة فى المراحل المبكرة من النمو ، وعندما تكون الإضاءة جيدة والحرارة مناسبة، مع الاهتمام بالتسميد.

هذا. . ولا توجد أية خطورة على الإنسان من جراء زيادة تركيز الغاز فى البيوت المحمية حتى التركيز المناسب الذى يتراوح - عادة - بين ١٠٠٠ و ١٥٠٠ جزء فى المليون؛ لأن الإنسان يتحمل زيادة تركيز الغاز حتى ٥٠٠٠ جزء فى المليون، ولكن زيادته لأكثر من ذلك تؤدى إلى الاختناق ؛ لعدم قدرة الرئتين على أداء وظيفتهما بكفاءة تحت هذه الظروف.

مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية

من أهم مصادر غاز ثانى أكسيد الكربون المستخدم فى البيوت المحمية مايلى :

١- بعض أنواع المحروقات، مثل الكيروسين، والبارافين Paraffin، وغاز البروبان Propane، والغاز الطبيعى حيث يؤدى احتراقها فى مواقد خاصة إلى إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون، لكن يجب أن تكون هذه المحروقات على درجة عالية من النقاوة ، نظرًا لأن الكبريت الموجود بها قد يتحول إلى ثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب فى الماء بسهولة، ثم يتحول إلى حامض كبريتوز، ثم إلى حامض كبريتيك؛ مما يؤدى إلى احتراق أوراق النبات. ويتم التحكم فى تركيز الغاز فى الصوبة بالتحكم فى معدل الاحتراق، أو فى كمية المحروقات المستعملة.

كما يجب أن يكون الاحتراق تامًا، لأن الاحتراق غير التام يتبعه إنتاج غازات الإيثيلين، وأول أكسيد الكربون، وكلاهما ضار بالنباتات، والثانى سام للإنسان ، ولهذا. . تستخدم مواقد خاصة لإنتاج الغاز. وعند تشغيلها يجب معايرتها باستمرار لتعطى دائمًا لهبًا صافيًا، مع توفير أكسجين كافٍ لتمام احتراق الوقود.

٢ - ينتج الغاز أيضًا بتسامى غاز ثانى أكسيد الكربون الصلب (الثلج الجاف) بوضعه فى أسطوانات خاصة تعلق فى اماكن متفرقة من البيت، ويتم التحكم فى

معدل انطلاق الغاز منها باستعمال عدادٍ خاصّ لتدفق الغاز ، أو باستعمالٍ منظم .

٣ - كما ينتج الغاز بتبخير ثانى أكسيد الكربون السائل - والمضغوط فى أنابيب خاصة - من خلال أنابيب بوليثلين مثقبة ؛ كتلك المستعملة فى تهوية البيوت (Quarrell & Ace ١٩٧٥) .

وإلى جانب المصادر التى سبق بيانها ، فإن تهوية البيوت المحمية تفيد فى المحافظة على التركيز الطبيعى للغاز فى هواء البيت ، ويجب ألاّ تتاخر التهوية لأكثر منٍ ساعتين بعد شروق الشمس . كذلك يؤدى تحلل الأغطية العضوية للتربة Organic Soil Mulches إلى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ، ولكن لا يمكن التحكم فى تركيز الغاز الناتج بهذه الطريقة .

حساب احتياجات البيوت من غاز ثانى أكسيد الكربون

العوامل المؤثرة على احتياج البيوت من الغاز

تتأثر احتياجات البيوت المحمية من غاز ثانى أكسيد الكربون بالعوامل التالية :

١ - السرعة التى يتغير بها هواء البيت :

يتغير هواء البيت باستمرار ، حتى لو كان محكم الإغلاق وفى غير فترات التهوية ؛ وذلك بسبب وجود منافذ وشقوقٍ يتسرب منها الهواء للخارج . وتختلف سرعة تغيير الهواء حسب نوع البيت . فالبيوت الزجاجية المعتنى بها يتغير فيها ربع إلى ضعفى هواء البيت كل ساعةٍ بصورةٍ طبيعيةٍ وبدون تهويةٍ ، ويتوقف ذلك على سرعة الهواء فى الجو الخارجى . وفى المتوسط يتغير هواء البيت مرة كل ساعةٍ . وبالمقارنة . . فإن هواء البيوت البلاستيكية المحكمة الإغلاق يتغير بمعدل نصف إلى ثلثى مرةٍ فى الساعة .

٢ - طريقة إضافة الغاز :

فالغاز المضاف فى صورةٍ نقيةٍ تكون حرارته مساويةً تقريباً لحرارة البيت أو أقل قليلاً ، فيبقى فى المنطقة المحيطة بالنباتات ، خاصة أن الغاز يضاف - عادةً - من خلال ثقوبٍ دقيقةٍ فى أنبوبةٍ بلاستيكيةٍ تمتد بجانب النباتات ، أما الغاز الناتج من احتراق الوقود ، فإن حرارته تكون أعلى بكثيرٍ من حرارة الهواء داخل البيت (خاصة

عندما تقع أجهزة حرق الوقود داخل البيت) . ويؤدى ذلك إلى خفة وزنه وتصاعده لأعلى بسرعة ؛ حيث يتراكم فى قمة البيت قريبا من فتحات التهوية ؛ مما يزيد من فرصة فقده إلى خارج البيت ، خاصةً عندما لا تكون فتحات التهوية محكمة الإغلاق .

٣ - سرعة استنفاذ النباتات للغاز :

تتوقف سرعة استهلاك النباتات للغاز على حجم النمو النباتى ، ودرجة الحرارة ، وشدة الإضاءة . وتتراوح الكمية المفقودة - عادةً - بين صفر و ٧,٥كجم من الغاز/ فدان/ ساعة . ويحدث أقصى استهلاكٍ للغاز عندما يكون النمو النباتى مغطيًا للمساحة المزروعة تمامًا ، مع توفر إضاءةٍ قوية .

٤ - تنفس الكائنات الدقيقة ، وتحلل المادة العضوية :

يؤدى تنفس الكائنات الدقيقة فى التربة وتحلل المادة العضوية التى توجد بها إلى إنتاج كميات محسوسة من الغاز تتصاعد إلى جو البيت . وتزداد هذه الكميات المنتجة طبيعيًا بصورةٍ جوهريةٍ عند استعمال بالات القش المضغوط فى الزراعة ؛ فيزيد تركيز الغاز بعد الزراعة بفترةٍ قصيرةٍ إلى ٠,٠٧ - ٠,١٪ ،ثم تنخفض النسبة لتستقر بعد عدة شهورٍ عند حوالى ٠,٠٤٪ .

حساب كمية الغاز اللازمة

إذا أُخذت جميع العوامل المؤثرة على احتياجات البيوت من الغاز فى الحسبان ، فإن الكمية اللازمة منه تقدر فى المتوسط بنحو ١٥ - ٤٥كجم/ فدان/ ساعة لإيصال تركيز الغاز إلى ٠,١٪. ويمكن القول بأنه عندما تستنفد النباتات ٧,٥كجم/ من الغاز/ فدان / ساعة تحت الظروف الطبيعية ، فإن الكمية اللازمة من الغاز (للفدان فى الساعة) تقدر بنحو ٢٠كجم عندما يتغير هواء البيت مرة كل ساعة، وبنحو ٣٠ كجم عندما يتغير هواء البيت مرةً كل ثلثى ساعة . ويمكن بذلك حساب الكمية اللازمة من المحروقات ، علمًا بأنها تنتج الغاز بمعدل ١,٥كجم عند احتراق أيٍّ من الكميات التالية :

١/٢ كجم من البروبان propane .

١/٢ لتر من البارافين paraffin.

٠,٢٣ therms من الغاز الطبيعى (Allen ١٩٧٣) .

طريقة تقدير تركيز الغاز

يلزم توفر الأجهزة الخاصة بتقدير تركيز الغاز بدقة فى جو البيت ، وأبسطها هى الأجهزة التى تعتمد فى عملها على تغير لون مركبٍ كيمائيٍّ حساس للغاز بدرجةتعتمد على تركيز الغاز ؛ وبذلك يمكن تقدير التركيز من اللون المشاهد. كما تتوفر أجهزة قياس دقيقة ، ولكنها مرتفعة الثمن .

ولمزيدٍ من التفاصيل عن استخدامات غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية يراجع المؤلف الخاص بذلك للجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين (Amer . Soc . Agr. Eng . ١٩٨٠) .

الحالات التى لاتجدى فيها التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

لا تفيد التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون إلاّ فى المناطق الباردة ؛ حيث تظل البيوت المحمية محكمة الإغلاق للمحافظة على درجة الحرارة بها ؛ مما يؤدى إلى استهلاك الغاز فى عملية البناء الضوئى . ويعتبر خط عرض ٣٥ْ (شمال أو جنوب خط الاستواء) هو الحد الفاصل بين المناطق التى يمكن فيها التغذية بالغاز ، وتلك التى لا تناسبها إضافة الغاز ففى خطوط العرض الأقل من ذلك، ترتفع درجة الحرارة داخل البيوت المحمية شتاءً إلى الحد الذى يتطلب تهويتها ؛ مما يستحيل معه زيادة تركيز الغاز.

كذلك فإن إضافة الغاز. لا تجدى إلا خلال ساعات النهار ؛ حتى يمكن الاستفادة منه فى عملية البناء الضوئى .

ولا تكون الإضافة مجدية - عادةً - إلا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة من أكتوبر حتى مايو . وتزيد الاستفادة من إضافة الغاز عند الاهتمام بالإضاءة ورفع درجة الحرارة (Nelson ١٩٨٥)

هذا . . إلا أن أحدث الدراسات (Ioslovich وآخرون ١٩٩٥) تفيد إمكانية تبادل التهوية مع التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون على فتراتٍ بالتناوب ، وذلك بإجراء التهوية كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ثم إطلاق الغاز عندماً تتوقف التهوية .

ومن أهم مشاكل التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ما يلى :

١ - حالات التسمم للإنسان التى تنشأ عند زيادة تركيز الغاز عن ٥٠٠٠ جزء فى المليون ، ولكن النباتات لا تستجيب لأية زيادةٍ فى تركيز الغاز عن ٢٠٠٠ جزء فى المليون ، ولا تجب زيادة تركيز الغاز عن ذلك .

٢ - زيادة الرطوبة النسبية بدرجةٍ كبيرةٍ عند استعمال المحروقات فى زيادة تركيز الغاز .

٣ - تلوث الهواء بالغازات الكبريتية إذا استُعْمِلَ فى زيادة تركيز الغاز محروقات تحتوى على نسبةٍ عاليةٍ من الكبريت .

٤ - تسرب المحروقات الغازية - ذاتها - إلى هواء البيت .

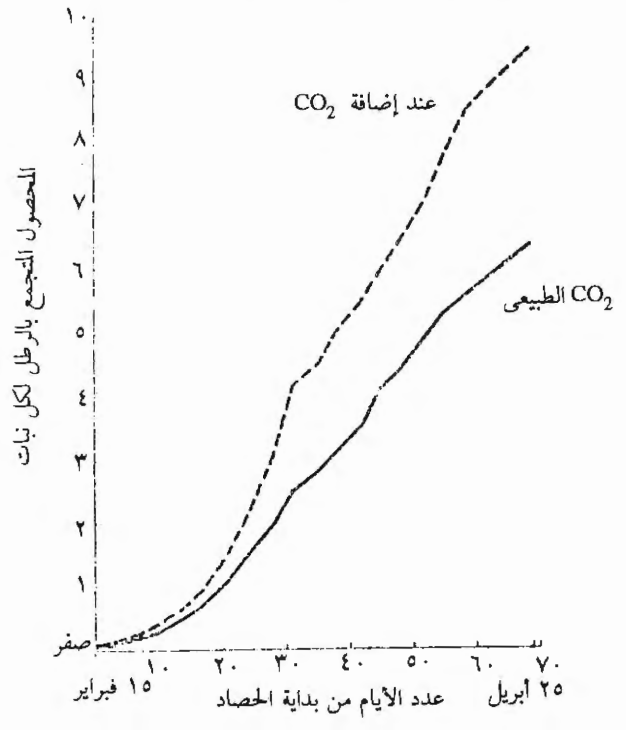
الاستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد اكربون فى محاصيل الخضر

درست الاستجابة للتغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى عددٍ من محاصيل الخضر ، لكنها تركزت على ثلاثة محاصيل ؛ وهى : الطماطم ، والخيار ، والخس .

١ - الطماطم :

وجد فى دراسة أُجريت على الطماطم فى البيوت المحمية أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٢٠٠ جزء فى المليون أدت إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١٥٪ ، والمحصول الكلى بنسبة ٨٪ (Hand & Soffe ١٩٧١) . كما أوضح Knecht & O'Leary (١٩٧٤) أن زيادة تركيز الغاز من ٤٠٠ إلى ٨٠٠ جزء فى المليون أحدثت زيادة جوهرية فى المحصول وحجم الثمار . كذلك وجد أن زيادة تركيز الغاز لمدة ٦,٥ ساعة يوميًا أدت إلى التبكير فى النضج ، وزيادة وزن الثمرة ، وزيادة المحصول الكلى بنسبة ٣٥٪ ، وذلك بالمقارنة بزيادة قدرها ٣١٪ و٢٤٪ فى محصولى الفلفل والباذنجان على التوالى . ويبين شكل (٣ - ٣٩) تأثير المعاملة بالغاز على محصول الطماطم (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

وقد أوضحت دراسات Nilsen وآخرين (١٩٨٣) أن الإضاءة العالية ليست ضروريةً فى الطماطم لكى تحدث استجابة جيدة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون ؛ فقد ازداد معدل البناء الضوئى جوهريًا فى كل المعاملات ؛ بما فى ذلك أقل المستويات ، لكن الحرارة المرتفعة كانت عاملا محددًا ، فازدادت الاستجابة لزيادة تركيز



شكل (٣ - ٣٩) : تأثير المعاملة بغاز ثانى أكسيد الكربون على المحصول فى الطماطم .

الغاز مع ارتفاع درجة الحرارة . وقد صاحبت الزيادة فى معدل البناء الضوئى زيادة جوهرية فى المحصول الطازج والجاف .

ويستدل من دراسات Behboudian & Lai (١٩٩٤) على أن زيادة تركيز الغاز أدت إلى خفض معدل النتح ، وزيادة معدل البناء الضوئى ، مقارنةً بمعاملة الشاهد ، وحدثت أكبر استجابةٍ عند زيادة تركيز الغاز إلى ٧٠٠ جزء فى المليون مع حرارة ٢٥°م نهاراً ، و١٦°م ليلا .

وفى المقابل . . وجد Lee & Lee (١٩٩٤ أ) أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء فى المليون - لفترات طويلة - أدت إلى نقص نفاذية الأوراق لبخار الماء ، ونقص معدل النتح منها (وخاصة فى الأوراق الوسطى على الساق) ، وارتفاع درجة حرارتها (وخاصة فى الأوراق التى فى قمة النبات) . كما أدت المعاملة بالغاز إلى زيادة معدل البناء الضوئى فى البداية ، ثم انخفاضه إلى مستوى البناء الضوئى فى

نباتات معاملة الشاهد بعد شهرٍ من بداية المعاملة ، مع استمرار انخفاضه إلى مستوى أدنى من نباتات الشاهد - غير المعاملة بالغاز - بعد ذلك .

وفى دراسةٍ أخرى (Lee & Lee ١٩٩٤ ب) وَجِدَ أن معاملة نباتات الطماطم بغاز ثانى أكسيد الكربون (بتركيز ٨٠٠ أو ٢٤٠٠ جزء فى المليون) لفتراتٍ طويلةٍ أدت إلى : زيادة محتوى الأوراق من النشا فى الثامنة صباحًا ، ونقص محتواها من الكلوروفيل والبروتين الذائب ، ونقص نشاط إنزيم RuBPCase ، مقارنةً بمعاملة الشاهد .

٢ - الخيار :

أوضحت عديد من الدراسات أن نبات الخيار يستجيب لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى البيوت المحمية ، بشرط توفر إضاءةٍ جيدةٍ وحرارةٍ مناسبة . وقد كانت الاستجابة فى صورة زيادةٍ فى نمو الأوراق ، والتفريع ، والإزهار ، والمادة الجافة ، والمحصول المبكر ، والمحصول الكلى . فمثلا .. وجد Hopen & Ries (١٩٦٢) أن نباتات الخيار استجابت للزيادة فى تركيز الغاز من ٣٥٠ حتى ٢١٥٠ جزءاً فى المليون . وعلى الرغم من أن هذه الاستجابة حدثت أيًا كانت شدة الإضاءة ، إلا أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز كانت أكبر مع ازدياد شدة الإضاءة من ٣٠٠ إلى ١٤٠٠ قدم - شمعة . وقد تمثلت هذه الاستجابة على شكل زيادةٍ فى الوزن الطازج ، والوزن الجاف للنبات ؛ وطول النبات ، وعدد الثمار بالنبات . كما أوضحت دراسات Slack & Hand (١٩٨٤) أن نباتات الخيار تستجيب للزيادة فى تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون شتاءً ، وحتى ٤٥٠ جزءاً فى المليون صيفًا ، وكانت الاستجابة على شكل زيادة فى المحصول ومتوسط وزن الثمرة . وقد كانت العلاقة طرديةً بين المحصول ومتوسط تركيز الغاز فى جو البيت ، وكانت المعاملات اقتصاديةً على الرغم من احتياج البيوت إلى التهوية صيفًا .

٣ - الخس :

يعتبر الخس من الخضر التى تستجيب بصورةٍ جيدةٍ لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد

الكربون فى البيوت المحمية ، دون أن تتأثر نباتات الخس سلبيًّا بنواتج احتراق الوقود المستخدم فى إنتاج الغاز . فقد وجد أن زيادة تركيز الغاز إلى ٣ - ٦ أضعاف التركيز الطبيعى يحدث التأثيرات التالية:

أ - تبكير النضج مدة ١٠ أيام على الأقل ؛ مما يسمح بزراعة محصولٍ إضافيٍّ من الخس فى الموسم نفسه .

ب - زيادة المحصول بمقدار ٤٠٪ إلى ١٠٠٪ ، وتكون الزيادة فى المحصول أكبر فى الأصناف السريعة النمو .

جـ - زيادة نسبة المادة الجافة .

إلا أن الاستجابة العالية لزيادة تركيز الغاز تتطلب ما يلى :

أ - زيادة درجة الحرارة بمقدار ٦ْم - ٨ْم نهاراً و٣ْم ليلا .

ب - زيادة معدلات الرى .

جـ - زيادة معدلات التسميد ، خاصـــة بالنسبة للسماد الآزوتى (Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

٤ - محاصيل خضرٍ أخرى :

أوضحت درسات Trembly وآخرين (١٩٨٧) أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون - عند إنتاج شتلات الكرفس فى البيوت المحمية - أدت إلى زيادة مساحة الأوراق والوزن الجاف لكلٍّ من النموين الخضرى والجذرى ، ولكن لم يكن للمعاملة أية تأثيراتٍ جوهريةٍ على مقاييس النمو عند الحصاد .

وفى دراسةٍ أجريت تحت ظروف الحقل - ولكن مع بقاء النباتات داخل حجيراتٍ بلاستيكيةٍ cages بارتفاع ١٨٠سم - أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون - من خلال أنابيب مثقبةٍ - إلى ٨٠٠ - ٩٠٠ جزءًا فى المليون إلى زيادة الوزن الطازج للنباتات بنسبة ٢٣٪ فى البصل ، و٨٪ فى الجزر ، وزيادة الوزن الجاف بنسبة ١٨٪ فى الخس ، و١٩٪ فى الجزر ، و١٧٪ فى البقدونس ، ولكن لم يتأثر محصول الكرات

أبو شوشة ، والكرنب الصينى ، والكرفس ، والكرفس اللفتى بمعاملة ثانى أكسيد الكربون (Mortensen ١٩٩٤) .

اضرار زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون

أوضحت دراسات Schwarz (١٩٩٣) أن أعراض التسمم بغاز ثانى أكسيد الكربون ظهرت على ٧ أنواعٍ نباتيةٍ بعد ٦ أيامٍ من تعريضها لتركيز ١٠٠٠٠ جزء فى المليون من الغاز ، وقد تضمنت الدراسة كلا من : الفاصوليا ، والطماطم ، والخس ، والفجل ، وفول الصويا ، والقمح ، والذرة . تميزت أعراض التسمم بظهور درجات مختلفة من الاصفرار بالأوراق ، وتأخّر فى النمو والتطور الطبيعيين للنباتات ، وظهرت على أوراق الذرة خطوط واضحة مميزة . أما الجذور فلم يُحْدِثْ تعريضُها لهذا التركيز المرتفع من الغاز أية أعراضٍ ملحوظةٍ على النباتات .

برمجة الاحتياجات البيئية باستعمال العقل الإليكترونى (الحاسوب)

يستخدم العقل الإليكترونى فى البيوت المحمية لتنظيم التحكم فى كافة العوامل البيئية ، والتى منها :

١ - درجات حرارة الليل والنهار ، مع إجراء التعديلات اللازمة - تلقائيًا - للاستفادة القصوى من ضوء الشمس .

٢ - نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون .

٣ - الرطوبة الأرضية (الرى الأرضى والرى بالرذاذ) .

٤ - تركيز العناصر السمادية فى المحاليل المغذية ، وتنظيم حقنها فى مياه الرى .

٥ - التركيز الكلى للأملاح فى مياه الرى .

٦ - قياسات الأرصاد الجوية خارج البيت (وهى : درجة الحرارة ، والرطوبة النسبية ، والأمطار ، وسرعة الرياح واتجاهها ، وشدةَ الإضاءة ، والإشعاع الكلى) مع تعديل التدفئة ، والتهوية ، والإضاءة فى البيت ، وتشغيل الستائر الحرارية Thermal Screens حسب الظروف الخارجية ؛ وبما يقلل احتياجات الطاقة إلى حدها الأدنى .

وقد يمكن التحكم فى أجهزة العقل الإليكترونى من مكان التحكم المركزى أو من مكتب التشغيل . ويعطى الجهاز إنذاراً على صورة رنينٍ فى الموقع أو عن طريق الهاتف (التليفون) على الأرقام التى تحدد لهذا الغرض .

وبهذه الطريقة يمكن إدارة مجموعةٍ كبيرةٍ من البيوت المحمية بأقل عددٍ من العاملين وبأمانٍ أكبر ، مع عدم الحاجة إلى رقابةٍ دائمةٍ طوال ساعات الليل والنهار (للتفاصيل . . تفضل مراجعة نشرات الشركات المتخصصة فى إنتاج هذه الأجهزة ؛ مثل : Priva بهولندا ، و Soil-less Cultivation Systems Ltd بإنجلترا) .

وإلى جانب استعمال العقول الإليكترونية فى التحكم فى العوامل البيئية . . فإنها تستخدم - كذلك - فيما يعرف بـ «النظم الخبيرة» ، التى يمكن الاستعانة بها فى تحديد البرامج الخاصة بمختلف العمليات الزراعية التى تناسب شتى الظروف البيئية ، وفى التعرف على مسببات كافة الظواهر غير العادية ، مرضيةً كانت ، أم غير مرضيةٍ ، ووسائل علاجها والتغلب عليها . وما زالت هذه النظم الخبيرة فى مصر فى بداياتها . وتتوقف دقتها - كليةً - على مدى دقة ، وشمولية ، واتساع نطاق المعلومات التى يُغَذَّى به الحاسوب ، وجميعها أمور تعتمد على العامل البشرى .

الفصل الرابع

المحاليل المغذية

المحاليل المغذية Nutrient Solutions هى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتى، وتستخدم فى رى نباتات جميع المزارع اللاأرضية (المائية وغير المائية) ، بدلاً من الماء العادى . وتقترب أغلب المحاليل المغذية فى تركيبها من محلول هوجلاند Hoagland's Solution .

ولا يوجد محلول مغذٍ واحد يمكن أن يقال إنه الأفضل ؛ فكل محلولٍ يصلح فى ظروف خاصة، إلاَّ أن هناك شروطًا عامةً يجب أن تتوفر فى المحاليل المغذية تتعلق بنوعية الماء المستعمل فى تحضيرها وتركيز العناصر المختلفة بها وخصائصها من حيث الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) ، والضغط الأسموزى . . . إلخ ، وهذا ما سنتناوله بالشرح فى هذا الفصل .

خصائص الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية

يجب أن يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قليل الملوحة . . فيستبعد الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ٧٠٠ ميكروموز ، ويفضل ألا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم به عن ٥٠ جزءًا فى المليون ، مع أخذ التركيز الكلى للأملاح فى الحسبان . ويمكن عند الضرورة استعمال الماء الذى يصل فيه تركيز الأملاح إلى ٠,٤ ضغط جوى .

ويمكن استعمال الماء العسر قليلاً فى تحضير المحاليل المغذية، وهو الماء الجوفى الذى يمر على طبقاتٍ جيريةٍ ؛ فيحتوى ـ بالتالى ـ على تركيزاتٍ عاليةٍ من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم . ويعبر عن عسر الماء بمحتواه من أيون الكربونات HCO_3^- ، لكن مع زيادة عسر الماء يزداد الـ pH ، وتصبح بعض الأيونات مثل

الحديد غير ميسرةٍ ، وقد يزداد محتواه من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم عن المستوى المناسب للنمو النباتى . وفى هذه الحالة يجب عدم استعماله فـى تحضير المحاليل المغذية .

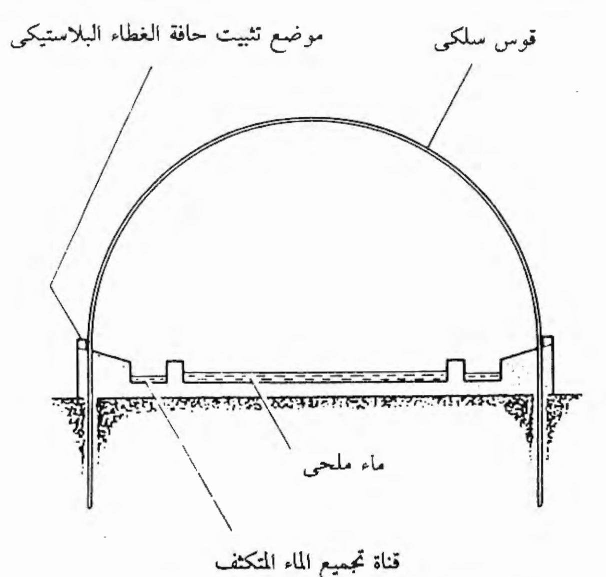
ويمكن عند الضرورة التخلص من الكاتيونات والأنيونات المسببة لعسر الماء بإمرار الماء أولاً فى مرشحاتٍ مشبعةٍ بالأيدورجين الذى يحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم ، ثم يمر على مرشحاتٍ أخرى مشبعةٍ بالأيدروكسيد الذى يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات والكلوريد . وتعرف هـذه العملية باسم Ionization ، ويعرف الماء الناتج باسم Deionized Water ولا تؤدى هذه العملية إلى التخلص من أيون البورون .

ويمكن عادة استخدام ماء الشرب فى تحضير المحاليل المغذية ، إلاّ أن ماء الشرب العسر المعامل بالصوديوم ـ ليحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم لجعله غير عسرٍ (soft) ـ لايصلح لتحضير المحاليـل المغذية لزيـادة محتواه مـن عنصر الصوديوم.

وعندما لا تتوافر المياه السطحية المناسبة لتحضير المحاليل المغذية ، أو عندما تكون المياه الجوفية عاليَة الملوحة ، فإنه يمكن تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية الشديدة الملوحة .

١ ـ تقطير المياه بالطاقة الشمسية Solar Distillation :

وأبسط الطرق لتحقيق ذلك هى باستعمال الأنفاق البلاستيكية بالكيفية المبينة فى شكل (٤ ـ ١) . تكون قاعدة النفق عريضةً ، وتملأ بالماء الملحى ، يغطى النفق بشريحة من البوليثيلين المعامل لتحمّل الأشعة فوق النفسجية ، والتى تستند على أقواسٍ سلكية . تؤدى الطاقة الشمسية إلى تبخر الماء ، ليتكثف على السطح الداخلى لغطاء البوليثيلين ، ثم لتنزلق قطراته ، وتتجمع فى مجريين جانبيين منحدرين ؛ ليصل بخار الماء المتكثف فى نهاية الأمر إلى خزانٍ خاصٍّ معدٍّ لهذا الغرض . تُناسب هذه الطريقة المناطق الحارة ، ويلزم معها معاملة السطح الداخلى للغطاء البلاستيكى بمادةٍ تقلل التوتر السطحى لقطرات الماء المتكثفة ؛ بحيث تنزلق سريعًا أولاً بأول . يعيب هذا النظام قلة كمية المياه المتكثفة التى تنتج منه .



شكل (٤ ـ ١) : تقطير المياه بالطاقة الشمسية فى الأنفاق البلاستيكية .

٢ ـ استعمال أجهزة التقطير الكهربائية : تعمل هذه الأجهزة بكفاءة عالية ، وتنتج ماء نقيا بكميات كبيرة ، ولكن تكلفتها الإنشائية والتشغيلية عالية . يعتمد عمل هذه الأجهزة على تبخير الماء ـ تحت ضغط منخفض ـ على حرارة تقل عن ٥٠ْم .

٣ ـ التحلية بخاصية الأسموزية العكسية Reverse Osmosis :

عندما يُفصل محلولان مائيان مختلفان فى ضغطيهما الأسموزى ـ كلاهما عن الآخر ـ بغشاء شبه منفذ (غشاء منفذ للمادة المُذيبة وغير منفذ للأملاح المُذابة) ، فإن الماء يمر من المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض ـ من خلال الغشاء ـ إلى المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع . وإلى أن يتساوى تركيز الملح على جانبى الغشاء فإنه يوجد فرق فى الضغط الأسموزى عبره . ويعتمد مدى هذا الضغط على الفرق بين تركيزى المحلولين . وإذا ما عُرِضَ المحلول ذو التركيز الملحى المرتفع لضغط فيزيائىّ يزيد على فرق الضغط الأسموزى بين المحلولين ، فإن الماء يتحرك عبر الغشاء شبه المنفذ فى الاتجاه العكسى (أى من المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع إلى

المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض) . ونظراً لأن الضغط الفيزيائى يعكس حركة الماء التى تحدثها الخاصية الأسموزية ؛ لذا . . فإن هذه العملية تُعرف باسم «الأسموزية العكسية » . ويستعمل لهذا الغرض ـ عادةً ـ غشاء شبه منفذٍ يصنع من خلات السيليلوز أو من نوعٍ من النايلون يعرف باسم « بولى أمايد polyamide » .

هذا . . وينتج عن هذه العملية محلولان ، يعرف أحدهما باسم « المحلول النافذ Permeate » ، وهو عذب نسبيا، ويحتوى على ٥٪ ـ ١٠ ٪ من نسبة الأملاح الأصلية الموجودة فى الماء الذى تتم تحليته ، بينما يعرف الثانى باسم « المحلول الملحى المركز Concentrate » وهو شديد الملوحة .

٤ ـ نزع الأيونات Deionisation :

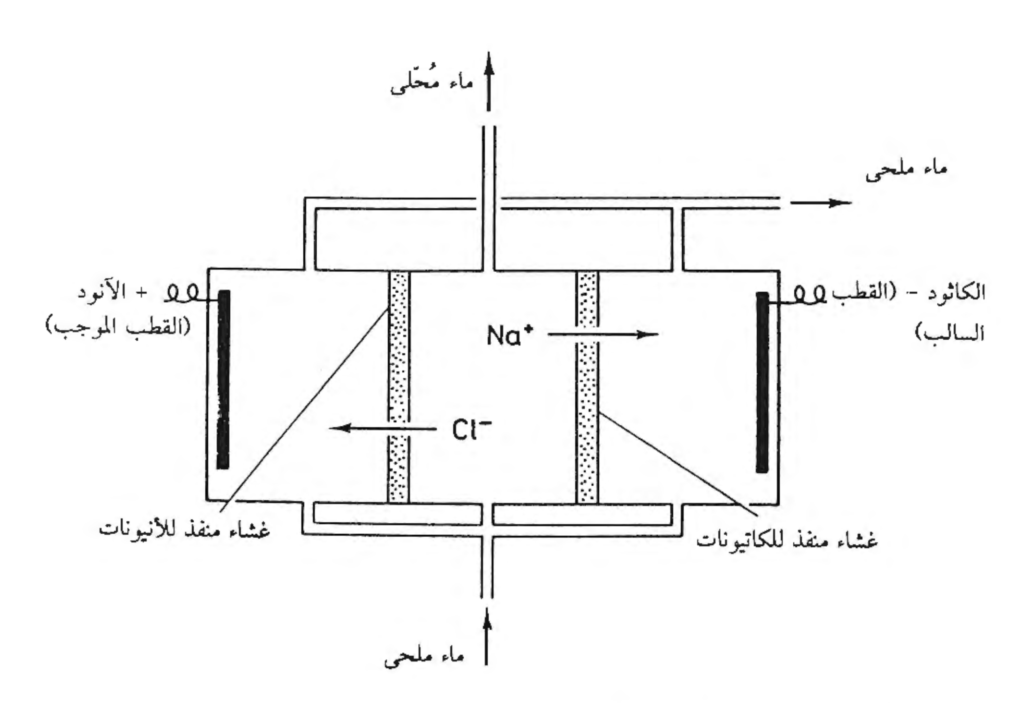
يتم فى هذه الطريقة إزالة الأيونات من الماء ، على عكس طريقة التقطير التى يتم فيها سحب الماء من الأملاح الذائبة . ويجرى ذلك باستعمال أعمدة Columns (أسطواناتٍ) خاصةٍ يحدث فيها تبادل للأيونات ؛ حيث يتم فى بعضها تبادل الكاتيونات مع أيون الأيدروجين ، بينما يتم فى بعضها الآخر تبادل الأنيونات مع أيون الهيدروكسيل ، وعندما تستبدل بجميع الأيونات من هذه الأعمدة أيونات الماء الملحى فإنه يتم تنشيطها من جديدٍ بإمرار محلولٍ مركزٍ من حامضٍ ـ أو قلوىٍّ ـ من خلالها ، حسب نوع العمود ؛ حيث يؤدى ذلك إلى إزالة الصوديوم وأية كاتيوناتٍ أخرى من أحد الأعمدة ، وإزالة الكلورين وأية أنيوناتٍ أخرى من الأعمدة الأخرى وإحلال أيونات الأيدروجين وأيونات الهيدروكسيل بدلاً منهما على التوالى .

يمكن لهذه الأجهزة إنتاج كميات من المياه المنزوع الأيونات تصل إلى ٩٠٠٠ لتر فى الساعة ، وتتوقف تكلفتها على تركيز الأملاح التى توجد فى الماء الذى يُراد تحليته . ويفضل إتباع هذه الوسيلة فى تحلية الماء عندما تقل نسبة الأملاح فيه عن ٨٠٠٠ جزء فى المليون .

٥ ـ الفصل الكهربائى للأيونات (الديلزة الكهربائية) Electrodialysis :

« الديلزة Dialysis » هى خاصية فصل المواد فى المحاليل بالاعتماد على غشاء اختيارى النفاذية يسمح بنفاذ مواد ذائبةٍ معينةٍ من خلاله، ويمنع مرور مواد أخرى ذائبة . أما التحليل الكهربائىElectrolysis فهو الخاصية التى يمكن ملاحظتها عند

مرور تيار كهربائى خلال محلول مائىّ ؛ حيث يعمل المحلول على توصيل التيار الكهربائى من القطب الموجب anode إلى القطب السالب cathode ، وتتحرك أثناء ذلك الكاتيونات ـ خلال الماء ـ إلى القطب السالب ، بينما تتحرك الأنيونات تجاه القطب الموجب ، ويسمح الجمع بين خاصيتى الديلزة والتحليل الكهربائى ـ فى الديلزة الكهربائية ـ بتحليه المياه الملحية ؛ حيث يقسم الحوض الذى يحدث فيه التحلل الكهربائى إلى ثلاث حجرات . وبموجب هذا التقسيم تفصل الحجرة الوسيطة عن الكاثود بغشاء اختيارى النفاذية يسمح بمرور أيون الصوديوم ويمنع مرور أيون الكلور ، بينما تفصل هذه الحجرة عن الآنود ـ من الجانب الآخر ـ بغشاء آخر اختيارى النفاذية كذلك ولكنه يسمح بمرور أيون الكلورين ، بينما يمنع مرور أيون الصوديوم . ويحدث نتيجة ذلك تحرك أيونى الصوديوم والكلور ـ من الحجرة الوسطية ـ نحو الكاثود والآنود ، على التوالى ؛ ليصبح الماء فى الحجرة الوسطية منخفضًا كثيراً فى محتواه من الأملاح (شكل ٤ ـ ٢) (عن Cooper ١٩٧٩) .



شكل (٤ ـ ٢) : عملية « الديلزة » الكهربائية Electrodialysis .

التركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية

مصادر الأملاح ، ومستواها المناسب ، وأضرار زيادتها

يوجد بالمحاليل المغذية مصدران للأملاح ؛ هما : الأسمدة المذابة ، والأملاح الموجودة أصلاً فى الماء المستعمل فى تحضير المحلول المغذى. وكلما انخفضت نسبة الأملاح فى الماء، أمكن زيادة تركيز الأسمدة ؛ لأن التركيز الكلى للأملاح يجب ألا يزيد على حدٍّ معين يقدر فى المتوسط بنحو ٠,٧ ضغط جوى. وتؤدى زيادة التركيـز الكلى للأملاح على ذلك إلى نقص النمو النباتى تدريجيا إلى أن يتوقف ، ثم تموت النباتات بسبب عدم استطاعتها الحصول على حاجتها من الماء عند زيادة الضغط الأسموزى عن الحد المناسب للنمو النباتى . كما تصاب الطماطم بتعفن الطرف الزهرى ، وتصبح أوراق الخس صلبة القوام ، وحوافها ملتفة ، كذلك فإن نقص التركيز الكلى للأملاح عن المستوى المناسب يعنى انخفاض تركيز العناصر الغذائية الميسرة لامتصاص النبات عما هو ضرورى للنمو الجيد .

ويتوقف التركيز الكلى المناسب للأملاح بالمحلول المغذى على درجة الحرارة ، فيفضل أن يكون الضغط الأسموزى حوالى ٠,٥ صيفًا ، و ١,٠ شتاءً ؛ وذلك بسبب زيادة النتح عند ارتفاع درجة الحرارة خلال الصيف . وعمومًا . . يقل الضغط الأسموزى المناسب فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية ، عنـه فـى المناطق الباردة (Jones ١٩٨٢) .

وقد درس Nieman (١٩٦٢) تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعددٍ من الخضروات ، واستخدم الباحث محلولاً مغذياً قياسيا يبلغ ضغطه الأسموزى ٠,٤ ضغط جوى ، ثم استخدم كلوريد الصوديوم لتوصيل الضغط الأسموزى إلى ١,٤ و ٢,٤ و ٣,٤ و ٤,٤ فى المعاملات المختلفة . وأُجريت الدراسة فى مزرعة حصى gravel culture .

ويتضح من النتائج المبينة فى جدول (٤- ١) أن بعض الخضروات ـ كالبنجر ، والسبانخ ـ استفادت من إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى ، حتى وصل ضغطه الأسموزى إلى ٢,٤ ضغط جوى ، وهذه المحاصيل معروفة بمقدرتها العالية

على تحمل الملوحة . كما استفاد كل من اللفت ، والكرنب بزيادة الضغط الأسموزى إلى ٤ ,١ ضغط جوى . أما باقى الخضر التى درست ، فقد تأثر نموها سلبيا بزيادة الضغط الأسموزى إلى ٤ ,١ ضغط جوى ، واستمر التدهور فى نموها بزيادة الملوحة عن ذلك .

جدول (٤ ـ ١) : تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعددٍ من محاصيل الخضر فى مزارع الحصى .

المحصول	وزن النمو القمى (كنسبة مئوية من الوزن فى المحلول الغذائى القياسى) عندما كان الضغط الأسموزى			
	١, ٤	٢, ٤	٣, ٤	٤, ٤
البنجر	١٠٧	١١٩		٩٦
السبانخ	٩٠	١٢٩	١٢١	٨٨
اللفت	١١٣	١٠١	٩٨	٨١
الكرنب	١٤٤	٩٥	٩٦	٥٢
الطماطم	٩١	٧٤	٧٧	٧٢
المسترد	٩٥	٦٩	٨٠	٥١
الخس	٦٨	٦٠	٦٥	٥٢
الفجل	٩١	٦٨	٥٤	٣٨
الفلفل	٦٨	٦٤	٥٨	٣٣
الفاصوليا	٨٨	٥٥	٢٢	١٦
البصل	٧٧	٣٩	٣٩	٢٨
البسلة	٧٧	٥٣	(*)	(*)

(*) موت النباتات بسبب زيادة الملوحة .

كما أظهرت دراسات Xu وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم فى مزرعةٍ لاأرضيةٍ أساسها البيت موس أن زيادة التركيز الكلى للأملاح فى المحلول المغذى لتصل درجة توصيله الكهربائى (EC) إلى ٤,٥ مللى موز / سم ـ مقارنةً بـ EC ٢,٣ مللى موز / سم ـ أدت إلى نقص الجهد المائى للأوراق water potential ؛ الأمر الذى ترتب عليه نقص معدل البناء الضوئى فيها .

كذلك حصل Ohta وآخرون (١٩٩٤) على نتائج مماثلة ؛ حيث أدت مضاعفة تركيز المحلول المغذى القياسى فى مزرعةٍ مائيةٍ إلى نقص الجهد المائى لأوراق الطماطم (من الصنف Sun Cherry ذى الثمار الكريزية) ، وكان ذلك مصاحبًا بنقصٍ مماثلٍ فى كلٍّ من وزن الثمرة وجهدها المائى ، وجهدها الأسموزى ، مع زيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية .

التوصيل الكهربائى كمقياس لتركيز الأملاح فى المحاليل المغذية

تعتمد درجة توصيل المحاليل للتيار الكهربائى على محتواها من الأملاح ؛ حيث تزداد قدرتها على توصيل الكهرباء كلما ازداد محتواها من مختلف الأملاح. ويُعبّر عن التوصيل الكهربائى Electrical Conductivity (اختصاراً : EC) ـ عادةً ـ بالمللى سيمنز / سم millisiemens per centimeter اختصاراً : mS / cm) ، علمًا بأن السيمنز هى وحدات التوصيل الكهربائى فى النظام الدولى للوحدات ؛ وهى تعادل مقلوب أوهم ohm واحد (ومقلوب الأوهم هو الموه، أى إن قراءة التوصيل الكهربائى بالملى سيمنز / سم تعادل القراءة نفسها بالمللى موز / سم millimhos / cm، أو mho / cm وقد تكون قراءة جهاز التوصيل الكهربائى بالميكروسيمنز / سم µS / cm .

هذا . . إلا أن درجة التوصيل الكهربائى لمحلولٍ ما لا تعتمد فقط على محتواه من الأملاح ، ولكن كذلك على تركيز كل ملحٍ منها ؛ لأن بعض الأملاح أكثر قدرةً على التوصيل الكهربائى من غيرها . فمثلاً . . توصّل كبريتات الأمونيوم الكهرباء بمقدار ضعف توصيل نترات الكالسيوم لها، وأكثر من ثلاثة أمثال توصيل كبريتات المغنسيوم ، بينما لا توصل اليوريا الكهرباء على الإطلاق ، ولا تكوّن أيونات النترات علاقةً وثيقةً بالتوصيل الكهربائى كما تفعل أيونات البوتاسيوم . ويعنى ذلك أنه كلما زادت نسبة النيتروجين إلى البوتاسيوم فى المحلول المغذى، انخفضت قدرته على التوصيل الكهربائى .

ويتضح تباين مختلف الأملاح فى قدرتها على التوصيل الكهربائى مما يلى :

المركب السمادى	التوصيل الكهربائى EC لمحلول بتركيز ٠,٢ ٪ فى الماء المقطر (mMho)
نترات الكالسيوم	٢,٠
نترات البوتاسيوم	٢,٥
نترات الأمونيوم	٢,٩
كبريتات الأمونيوم	٣,٤
كبريتات البوتاسيوم	٢,٤
كبريتات المغنسيوم (٧ جزيئات ماء تبلور)	١,٢
كبريتات المنجنيز (٤ جزيئات ماء تبلور)	١,٥٥
فوسفات أحادى الصوديوم NaH_2PO_4	٠,٩
فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4	١,٣
حامض النيتريك	٤,٨
حامض الفوسفوريك	١,٨

كما يجب أن تؤخذ فى الحسبان نوعية الأملاح التى تتواجد فى المياه المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية ؛ حيث إنها تتباين كثيراً من موقعٍ لآخر .

كذلك تتأثر درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل بدرجة الحرارة التى يُجْرى عنــدها القياس ؛ ولذا . . يتعين تصحيح القراءة ـ تبعًا لدرجة حرارة المحلول ـ بضــرب القــراءة المتحصل عليها فى معامل تصحيحٍ خاصٍّ كما يلى (عن Resh ١٩٨٥) :

الحرارة (مْ)	معامل التصحيح	الحرارة (مْ)	معامل التصحيح
٥	١,٦١٣	٢٦	٠,٩٧٩
١٠	١,٤١١	٢٧	٠,٩٦٠
١٥	١,٢٤٧	٢٨	٠,٩٤٣

الحرارة (مْ)	معامل التصحيح	الحرارة (مْ)	معامل التصحيح
١٦	١,٢١١	٢٩	٠,٩٢٥
١٧	١,١٨٩	٣٠	٠,٩٠٧
١٨	١,١٦٣	٣١	٠,٩٨٠
١٩	١,١٣٦	٣٢	٠,٨٧٣
٢٠	١,١١٢	٣٣	٠,٨٥٨
٢١	١,٠٨٧	٣٤	٠,٨٤٣
٢٢	١,٠٦٤	٣٥	٠,٨٢٩
٢٣	١,٠٤٣	٤٠	٠,٧٦٣
٢٤	١,٠٢٠	٤٥	٠,٧٠٥
٢٥	١,٠٠٠		

ويمكن التعبير عن تركيز الأملاح فى المحلول المغذى ـ بعد قياس درجة توصيله الكهربائى ـ بأيٍّ من الطرق التالية :

١ ـ تركيز الأملاح بالملى مكافئ / لتر = الـ EC بالمللى موز / سم × ١٠ .

٢ ـ تركيز الأملاح بالجزء فى المليون = الـ EC بالمللى موز / سم × ٦٤٠ .

٣ ـ تركيز الأملاح كنسبة مئوية = الـ EC بالمللى موز / سم × ٠,٠٦٤ .

٤ ـ تركيز الأملاح بالضغط الجوى = الـ EC بالمللى موز / سم × ٠,٣٦ .

التركيز المناسب من مختلف العناصر فى المحاليل المغذية

التركيز المناسب والتوازن الأيونى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى على كافة العناصر الغذائية ، وبالتركيز المناسب للنمو النباتى ، على أن تكون العناصر المغذية الكبرى فى حالة توازن أيونى فيما بينها ، ويوضح جدول (٤ ـ ٢) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب لهذه النسبة لكل من الأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى ، على أساس أن مجموع نسب الأنيونات (النترات والفوسفات والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم) = ١٠٠ ٪ . تحقق هذه النسب التوازن المطلوب بين الأيونات والكاتيونات الرئيسية . أما الصوديوم ، فإنه لا يعد

من العناصر المغذية الضرورية ، وأما بقية العناصر ، فإنها توجد فى المحاليل المغذية بتركيزاتٍ منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيونى بها .

ويمكن تحضير محلولٍ مغذٍّ يحتوى على التوازن الأيونى المطلوب بإذابة كميات المركبات المبينة فى جدول (٤ ـ ٣) فى لتر ماء .

جدول (٤ ـ ٢) : النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب للأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى .

	الأيون	النسبة المئوية	المجال الملائم للنسبة المناسبة
الأنيونات	NO_3^-	٦٠	٥٠ ـ ٧٠
	$H_2PO_4^{--}$	٥	٣ ـ ١٠
	SO_4^{--}	٣٥	٢٥ ـ ٤٥
الكاتيونات	K^+	٣٥	٣٠ ـ ٤٠
	Ca^{++}	٤٥	٣٥ ـ ٥٥
	Mg^{++}	٢٠	١٥ ـ ٣٠

جدول (٤ ـ ٣) : كميات المركبات اللازمة لتحضير محلولٍ مغذٍّ فى حالة توازن أيونى بالصورة المبينة فى جدول (٤ ـ ٢) .

المركب	الكمية (ملليجرام / لتر ماء)
فوسفات البوتاسيوم	١٣٦
نترات الكالسيوم	١٠٦٢
كبريتات المغنسيوم	٤٩٢
نترات البوتاسيوم	٤٩٣
كبريتات البوتاسيوم	٢٥٢
أيدروكسيد البوتاسيوم	٢٢٤

هذا .. ويُبين جدول (٤ ـ ٤) المجال المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية . ويتضح من الجدول أن العناصر الكبرى ـ وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ـ توجد بأعلى تركيز ، كما يوجد الصوديوم بصورةٍ طبيعيةٍ فى الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية . وعلى الرغم من أن الحد الأقصى المسموح به يصل إلى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون ، إلاّ أن التركيز المناسب يجب أن يكون عند الحد المُبين ، وهو ١٥٠ جزءًا فى المليون . أما العناصر المغذية الصغرى (أو الدقيقة) وهى : الحديد ، والبورون ، والمنجنيز ، والزنك ، والنحاس ، والموليبدنم ، فإن تركيزاتها تكون منخفضةً كثيرًا ، وأقلها الموليبدنم الذى قد يصل تركيزه فى المحاليل المغذية إلى ٠,٠٠١ جزءًا فى المليون (Douglas ١٩٨٥) ويُبين الجدول نفسه متوسط التركيز المناسب لمختلف العناصر الغذائية فى المحاليل المغذية ، نقلاً عن مصدرٍ آخر (Jones ١٩٨٢) . ويلاحظ أن التركيزات المناسبة تميل لأن تكون فى جانب الحدود الدنيا للمجالات المناسبة ، كما تقل عنها فى حالات العناصر الدقيقة . وربما كان السبب أن الأرقام المبينة للتركيز المناسب ، خاصة بالمزارع المائية التى لا توجد فيها بيئة صلبة لنمو الجذور ، وإنما تكون الجذور فيها مغمورةً فى المحلول المغذى .

وحاليًا .. تعتبر ثمانية عناصر صغرى ضرورية للنباتات الراقية ؛ وهى : الحديد ، والزنك ، والمنجنيز ، والنحاس ، والنيكل ، والبورون ، والموليبدنم ، والكلور (عن Welch ١٩٩٥) ، وقد ورد بيانها فى جدول (٤ ـ ٤) باستثناء عنصر النيكل الذى يتوفر كشوائب دقيقةٍ تكفى حاجة النبات ، وعنصر الكلور الذى يتوفر كشوائب ، وضمن تركيب بعضٍ الأسمدة ، وفى ملح كلوريد الصوديوم الذى لا تخلو منه مياه الرى .

ويتبين من دراسات Newton & Ramli Abdullah (١٩٩٣) أن نمو نباتات الطماطم والخيار فى مزارع تقنية الغشاء المغذى يتناسب طرديا مع محتوى النباتات من الحديد ، علمًا بأن أعلى مستوى من الحديد فى النباتات كان فى المعاملة التى أضيف فيها الحديد فى صورة مخلبية (Fe-EDTA) مقارنةً بإضافته فى صورة كبريتات الحديدوز ، أو كلوريد الحديديك .

جدول (٤ ـ ٤) : المدى المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية .

العنصر	التركيز المناسب (أ) (جزء فى المليون)	المدى المناسب لتركيز العنصر (ب) (جزء فى المليون)
النيتروجين	١٥٠	١٥٠ ـ ٣٠٠
الفوسفور	٥٥	٥٠ ـ ١٠٠
البوتاسيوم	١٧٥	١٠٠ ـ ٤٠٠
الكالسيوم	١٠٥	٣٠٠ ـ ٥٠٠
المغنسيوم	٩٠	٥٠ ـ ١٠٠
الكبريت	١٢٥	٢٠٠ ـ ١٠٠٠
الصوديوم		١٥٠ ـ ١٠٠٠
الحديد	١,٠	٢ ـ ١٠
البورون	٠,٠٠٨	٠,٥ ـ ٥,٠
المنجنيز	٠,٣٦	٠,٥ ـ ٥,٠
الزنك	٠,٠٤٦	٠,٥ ـ ١,٠
النحاس	٠,٠٢٦	٠,١ ـ ٠,٥
الموليبدنم	٠,٠٠١	٠,٠٠١ ـ ٠,٠٠٢

وتجدر الإشارة إلى أن جميع الخضروات ـ باستثناء الذرة السكرية ـ يكون نموها أفضل عند استعمال النترات No_3^- - كمصدر للنيتروجين ـ مقارنةً بالأمونيوم NH_4^+ ، فى المزارع المائية (وليس بالضرورة فى الزراعات الأرضية العادية) ، ولكن عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم يخففان من التأثير السلبى للأمونيوم . وعلى الرغم من ذلك . . يفضل استعمال الأمونيوم كمصدر للآزوت تحت ظروف الإضاءة الضعيفة ، وعند زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت (عن Kana-hama ١٩٩٤) ، وعندما يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قلوى التأثير .

ويستدل من دراسات David وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم أن إضافة حامض

الهيوميك Humic Acid ـ بتركيز ١٢٨٠ جزءاً فى المليون إلى محلولٍ مغذٍّ محدودٍ فى محتواه من العناصر الضرورية ـ أدت إلى زيادة تركيز كلٍّ من الفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك فى النموات الخضرية ، والنيتروجين ، والكالسيوم ، والزنك ، والنحاس فى الجذور ، مع زيادة الوزنين الطازج والجاف للجذور ، ولم يكن مرد تلك الزيادات إلى ما أضافه حامض الهيوميك من عناصر إلى المحلول المغذى ، ولا إلى إحداثه لتغيير فى الرقم الأيدروجينى للمحلول .

العوامل المؤثرة على اختيار التركيز المناسب للعناصر فى المحاليل المغذية

يتأثر التركيز المناسب للعناصر الضرورية للنبات فى المحاليل المغذية بالعوامل التالية :

١ ـ درجة الحرارة ، وشدة الإضاءة :

فيزداد تركيز النيتروجين فى الجو الحار وتحت ظروف الإضاءة القوية ، عنه فى الجو البارد ، أو تحت ظروف الإضاءة الضعيفة . كما تفضل زيادة تركيز البوتاسيوم فى الجو الملبد بالغيوم ومضاعفته إذا استمر الجو على هذه الحال لفترةٍ طويلةٍ . وعمومًا . . يمكن زيادة تركيز المحاليل المغذية إلى ٢ ـ ٤ أضعاف التركيزات الموصى بها فى الإضاءة المنخفضة ، أو إذا أُريدت أقلمة الشتلات ، بينما يجب أن تكون التركيزات فى الحدود الموصى بها أو نصفها فى الإضاءة القوية ؛ نظراً لزيادة النتح تحت هذه الظروف .

٢ ـ نوع المزرعة اللاأرضية :

إذ تتوقف التركيزات المناسبة لمختلف العناصر الغذائية على نوع المزرعة المستعملة .

٣ ـ المحصول المزروع :

فيزداد تركيز النيتروجين فى المحاليل الورقية (كالخس) عنه فى مزراع الطماطم أو الخيار .

٤ ـ مرحلة النمو النباتى :

فكثيرًا ما تجهز محاليل مغذية بتركيزاتٍ مختلفةٍ لمراحل النمو المختلفة ، ويكون اختلاف هذه المحاليل فى تركيز العناصر الستة الكبرى فقط ، بينما يظل تركيز العناصر الستة الصغرى ثابتًا دون تغيير .

فتستعمل فى تغذية الطماطم ثلاثة محاليل ؛ هى : (أ) ويبلغ تركيزه ثلث التركيز الكامل ، ويستعمل فى مرحلة نمو البادرات من الورقة الحقيقية (بعمر ١٠ ـ ١٣ يومًا) ؛ حتى يصل طول النبات إلى نحو ٣٥ ـ ٤٠ سم ، و(ب) ويبلغ تركيزه ثلثى التركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى يصل طول النبات إلى ٦٠ سم عندما تكون الثمار الأولى بقطر ٠,٥ ـ ١,٠ سم ، و (جـ) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات .

ويستعمل فى الخيار محلولان ؛ هما : (أ) ويبلغ تركيزه نصف التركيز الكامل ، ويستعمل حتى مرحلة عقد الثمرة الأولى على النبات ، و (ب) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك حتى نهاية عمر النبات .

كما يستعمل فى الخضر الورقية محلولان أيضًا ؛ هما : (أ) وتركيزه نحو ثلثى التركيز الكامل ، ويستعمل إلى أن تكون النباتات بعمر ثلاثة أسابيع ، و(ب) وهو بالتركيز الكامل ، ويستعمل بعد ذلك (Resh ١٩٨٥) .

ويستدل من مختلف الدراسات أن النباتات تنمو بصورةٍ جيدةٍ فى مدى واسعٍ من تركيزات مختلف العناصر فى المحاليل المغذية ، شريطة استمرار تركيز كل عنصرٍ بين حدّى النقص والسميّة . فمثلاً . . لم يتأثر نمو نباتات الطماطم بتغيير تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى بين ٢٠ و ٣٢٠ جزءًا فى المليون . ويستدل من ذلك على عدم الحاجة إلى قياس تركيز مختلف العناصر دوريا لتعديله ؛ حيث يكفى قياس درجة التوصيل الكهربائى للمحول المغذى لتعرف مدى استنفاذ النباتات للعناصر .

وتحقق هذه الطريقة أهدافها بصورةٍ عمليةٍ عندما يُسْتَعمل فى تحضير المحلول المغذى مخلوط معد سلفًا من مختلف العناصر ، أو سماد تجارى خاص بمحصولٍ معينٍ لاستعماله فى نوعياتٍ معينةٍ من المزارع تحت ظروف خاصة . ففى هذه الحالة تتماشى نِسَبُ العناصر المضافة مع نِسَبِ العناصر التى تمتصها النباتات من المحلول المغذى ، وتكفى قراءة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول لتحديد كمية السماد التى تنبغى إضافتها إليه لإعادتها إلى ما كانت عليه ابتداء . أما إذا أضيفت العناصر كل على حدةٍ ، فإن تركيز بعضها قد يزاد إلى درجَة السمية ، بينما قد ينخفض تركيز بعضها الآخر عن المستوى الحرج للنمو النباتى .

لكن ينبغى التأكيد على أن ذلك الأمر ينطبق ـ فقط ـ على الحالات التى يكون فيها تركيز العناصر فى المحاليل المغذية المستعملة مماثلاً لمعدلات امتصاص النباتات من كل عنصر منها، وبغير ذلك فإن تعويض النقص الذى يحدث فى حجم المحلول المغذى بكمياتٍ إضافيةٍ منه يؤدى ـ تدريجيا ـ إلى زيادة تركيز بعض العناصر فى المحلول المغذى إلى درجة السمية ، بينما قد ينخفض تركيز بعضها الآخر عن المستوى الحرج للنمو النباتى .

ولتجنب حدوث هذه الحالات التى قد تقضى على المزرعة المائية . . يفضل تغيير المحلول المغذى المستعمل كليا بعد نحو ٣ أسابيع من الاستعمال (المصاحب بإضافاتٍ من المحلول المغذى تبعًا لقراءة التوصيل الكهربائى) ، تنخفض إلى نحو أسبوعٍ واحدٍ فقط فى النباتات البالغة القوية النمو .

أضرار نقص العناصر أو زيادة تركيزها عن المستويات الحرجة للنمو النباتى

ليس من بين أهداف هذا الكتاب استعراض العناصر الغذائية الضرورية وتأثيرها على نمو وتطور النباتات ؛ فذلك أمر تناولناه بالتفصيل فى كتاب « أساسيات وفسيولوجيا الخضر (حسن ١٩٩٧أ) » . ونكتفى فى هذا المقام بتقديم عرضٍ موجزٍ لأعراض نقص مختلف العناصر ، وكذلك أعراض التسمم بها .

أعراض نقص العناصر

أولاً : العناصر الكبرى :

١ ـ النيتروجين :

يودى نقص العنصر إلى ظهور لونٍ أصفر متجانس يشمل كل الورقة فى النباتات ذات الفلقتين ، بينما يكون الاصفرار فى وسط نصل الورقة فقط ، مع بقاء حوافها خضراء اللون فى ذوات الفلقة الواحدة . وتظهر الأعراض فى كلتيهما على الأوراق السفلى أولاً فالتى تليها . . . وهكذا . ويكون نمو النباتات بطيئًا ومتقزمًا ، ثم يصبح النبات متخشبًا ، وتكون جميع الأعضاء النباتية أصغر حجمًا من نظيراتها فى النباتات التى لا تعانى نقص النيتروجين.

٢ ـ الفوسفور :

يؤدى نقص الفوسفور فى النباتات ذوات الفلقتين إلى ظهور لونٍ أحمر أو أرجوانيٍّ على العروق الرئيسية بأنصال الأوراق ـ خاصة على الجانب السفلى للورقة - وأعناق الأوراق ، والسيقان ، بينما تبقى العروق الحديثة فى الأوراق خضراء اللون ، إلا فى حالات النقص الشديد ؛ حيث تكتسب ـ هى الأخرى ـ لونًا أرجوانيا . أما فى ذوات الفلقة الواحدة ، فإن نقص العنصر يؤدى إلى ظهور لونٍ أحمر أو أرجوانيٍّ فى مناطق مختلفةٍ من الورقة. وفى كلتيهما . . يكون ظهور الأعراض على الأوراق السفلى أولاً ، فالتى تليها . . . وهكذا . وعمومًا . . يكون النمو النباتى بطيئًا ، ويتأخر النضج فى حالات نقص العنصر .

٣ ـ البوتاسيوم :

تظهر أعراض نقص العنصر على الأوراق المسنة أولاً ، وتكون فى ذوات الفلقتين فى صورة اصفرارٍ خفيفٍ على حواف الأوراق ، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق ، ثم يتغير لون الحواف إلى اللون الرمادى ، ثم إلى اللون البنى القاتم .

وفى ذوات الفلقة الواحدة يبدأ الاصفرار من قمة الورقة ، ثم يمتد إلى أسفل عبر الحواف ، بينما يبقى مركز الورقة أخضر اللون . ويصاحب نقص العنصر عدم تجانس نضج الثمار وضعف قدرتها على التخزين .

٤ ـ الكالسيوم :

تبدو الأوراق الحديثة بلونٍ أخضر باهت ، ثم تظهر عليها بقع متحللة ، وتلتف حوافها إلى أسفل . وتكون حواف الأوراق الحديثة ـ أحيانًا ـ متموجة وغير منتظمة النمو ، كما يكون النبات متخشبًا ومتقزمًا . ويصاحب نقص العنصر ظهور عديد من العيوب الفسيولوجية ؛ مثل تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل .

٥ ـ المغنيسيوم :

يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق السفلى للنبات ، ثم يتغير لون هذه الأنسجة ـ تدريجيا ـ إلى اللون البنى ، بينما تبقى العروق خضراء اللون . وتكون بداية ظهور الأعراض فى حواف الورقة ، ثم تتجه ـ تدريجيا ـ نحو مركزها . كما يؤدى نقص العنصر إلى تأخر الإزهار .

٦ ـ الكبريت :

تبدو الأوراق الحديثة صفراء اللون ، ويكون الاصفرار أكثر وضوحًا فى عروق الورقة ، كما تظهر مناطق ميتة قرمزية اللون عند قواعد الأوراق .

ثانيًا : العناصر النادرة :

إن طبيعة المزارع اللاأرضية تجعل من الممكن أن تظهر فيها أعراض نقص بعض العناصر النادرة بصورةٍ أكثر وضوحًا مما فى الزراعات الحقلية ؛ نظرًا لأن التربة نادرًا ما تكون خاليةً تمامًا من الصور الميسرة من هذه العناصر ، بينما قد يحدث ذلك فى المزارع المائية أحياناً .

ومن أهم أعراض نقص العناصر النادرة ، خاصة الأعراض التى تكثر فى المزارع المائية ما يلى :

١ ـ الحديد :

يظهر لون أصفر بين العروق فى الأوراق العليا . ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى اللون الأبيض العاجى ، بينما تبقى العروق خضراء اللون .

٣ ـ الزنك :

يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق ، بينما تبقى العروق خضراء اللون ، وتكون الأوراق صغيرةً ، وضيقةً ، ومشوهةً ، ومتزاحمةً على أفرع قصيرة ، والسيقان متقزمة .

٤ ـ النحاس :

يؤدى نقص العنصر إلى ظهور اصفرارٍ وشحوبٍ وبهتانٍ فى لون الأوراق ، يتبعه فقدان اللون الأخضر كليةً فى قمة الأوراق ، فتبدو وكأنها محترقة . ويؤدى نقص النحاس الميسر للامتصاص عن نصف جزءٍ فى المليون إلى تفلق ثمار الطماطم ـ أحيانًا ـ فى الجو الحار .

٥ ـ البورون :

يسبب نقص العنصر انهيارًا فى الأنسجة الميرستيمية النشطة فى الانقسام ، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم ؛ فتموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية فى أعضاء التخزين ، ولكن أكثر الأعراض شيوعًا هى التفاف حواف الأوراق الصغيرة . وتكون سيقان النباتات التى تعانى نقص العنصر سهلة التكسر .

كما يؤدى نقص البورون إلى ظهور تشققاتٍ دائريةٍ دقيقةٍ وسطحيةٍ جدا فى جلد ثمار الطماطم حول الأكتاف، وقد تظهر تشققاتٌ طوليةٌ مماثلةٌ فى ثمار الفلفل تكون واضحةً بصفةٍ خاصةٍ فى الصنف جالابينو Jalapeno .

٦ ـ المنجنيز :

يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق الحديثة للنبات ، ويلى ذلك ظهور بقعٍ صغيرةٍ ميتةٍ ومتحللةٍ على امتداد وسط الورقة ، بينما تبقى العروق خضراء اللون.

٧ ـ المولیبدنم :

يؤدى نقص العنصر إلى تشوه الأوراق الحديثة ـ حيث لا ينمو نصل الورقة بصورةٍ منتظمةٍ ـ مع موت البرعم الطرفى ، وتقزم النمو .

أعراض التسمم الناشىء عند زيادة تركيز العناصر

لا تختلف أعراض التسمم النباتى الناشئة عن زيادة تركيز العناصر الغذائية فى المزارع اللاأرضية عما فى المزارع الحقلية ، إلاّ أن طبيعة المزارع اللاأرضية واعتمادها على محاليل مغذية يتم تحضيرها أولاً بأول يزيد من احتمالات ظهور حالات التسمم النباتى بها؛ بسبب عامل الخطأ الإنسانى الذى قد يحدث فى تحضير المحاليل المغذية، أو عند تعديل تركيز العناصر فى الحالات التى يستمر فيها استعمال المحاليل نفسها لعدة أسابيع .

هذا . . ولا تظهر أعراض التسمم إلاّ بعد زيادة تركيز الأملاح السمادية إلى أكثر من ثلاثة إلى أربعة أضعاف التركيز المناسب . أما قبل ذلك، فإن الأعراض لا تتعدى ظهور علامات التقسية أو الأقلمة على النباتات على شكل تقزمٍ وتخشبٍ فى النمو ، مع تلون الأوراق باللون الأخضر القاتم .

ومما تجدر الإشارة إليه أن النباتات تتحمل الزيادة فى تركيز عنصرٍ ما عندما تكون بقية العناصر متوفرةً بالتركيزات المناسبة بدرجةٍ أكبر مما لو كان هناك نقص فى بعض هذه العناصر . وكمثالٍ على ذلك . . نجد أن الطماطم تتحمل زيادة تركيز عنصر النحاس حتى جزءٍ واحد فى المليون عندما تتوفر العناصر الأخرى بالقدر المناسب ، بينما تظهر أعراض التسمم بالنحاس عند تركيز ٠,٢ جزءًا فى المليون إن كان هناك نقص فى العناصر الأخرى .

ومن أهم أعراض التسمم النباتى التى تنشأ عن زيادة تركيز العناصر فى المحاليل المغذية ما يلى :

١ ـ تؤدى زيادة تركيز النيتروجين النتراتى فى المراحل الأولى من نمو نباتات الطماطم (حتى ما قبل مرحلة عقد الثمار) إلى وقف امتصاص عنصر البورون ،

وموت القمة النامية ، وقصر السيقان بوضوح ، وتصخم الأزهار ، مع قلة أو انعدام تكوُّن حبوب اللقاح بها (Larsen ١٩٨٢) .

٢ ـ تؤدى زيادة عنصر الفوسفور إلى ترسيب الحديد ، وظهور أعراض نقصه .

٣ ـ يؤثر البوتاسيوم والكالسيوم كل منهما فى الآخر ، فتؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور أعراض نقص البوتاسيوم ، والعكس صحيح .

٤ ـ تؤدى زيادة عنصر الحديد إلى الإضرار بالجذور ، وتقليل امتصاص المنجنيز ، وظهور أعراض نقصه ، كما قد يترسب الفوسفور ، وتظهر أعراض نقصه كذلك .

٥ ـ تظهر أعراض التسمم من البورون عند زيادة تركيزه عن ٢٠ جزءًا فى المليون، ويكون ذلك بظهور مناطق شفافةٍ بأنسجة الأوراق على امتداد العروق لا تلبث أن تتحول إلى اللون البنى .

٦ ـ تظهر أعراض التسمم بالزنك على شكل تلونٍ بين العروق باللون الأصفر .

٧ ـ تظهر أعراض التسمم بالنحاس إذا زاد تركيزه عن جزءٍ واحدٍ فى المليون ، ويكون ذلك على شكل اصفرارٍ بين العروق ، مع تلون باقى أنسجة الورقة باللون الأخضر الفاتح .

أما عنصر الكبريت والكلور ، فإن النباتات تتحمل زيادة تركيزهما إلى حدٍّ كبيرٍ .

ولعلاج حالات زيادة تركيز الأملاح يجب خفض التركيز المستعمل ، أو تحضير محاليل مغذية أخرى ، أو غسل البيئة التى تنمو فيها الجذور بالماء لعدة أيام .

كما تعالج بعض الحالات الخاصة لزيادة العناصر كالتالى :

١ ـ تعالج زيادة تركيز البورون بإضافة سليكات الصوديوم إلى الماء المستخدم فى غسل بيئة نمو الجذور بمعدل ١٢ جم لكل ٤٥٠ لتر ماء .

٢ ـ تعالج زيادة تركيز عناصر الحديد ، والمنجنيز ، والزنك ؛ بمعاملة بيئة نمو الجذور بمحلول ١٠ ٪ حامض كبريتيك لمدة ٢٤ ساعة .

طرق التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية

يمكن التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية بإحدى الطرق التالية :

١ ـ بالجزء فى المليون (part per million ، واختصاراً : ppm) :

يحضر محلول بتركيز جزءٍ واحدٍ فى المليون بإذابة جرامٍ واحدٍ من المادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء .

٢ ـ بالملى مولار (mM) :

يحضر محلول بتركيز مولار واحد 1M (أو 1 molar) بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى لترٍ من الماء . ويحضر محلول بتركيز واحد مللى مولار 1 mM بإذابة الوزن الجزيئى للمادة فى ١٠٠٠ لتر من الماء .

٣ ـ بالملى مكافىء / لتر (millequivalents / liter ، واختصاراً : me / 1) :

الوزن المكافىء بالجرام gram equivalent هو الوزن الجزيئى بالجرام مقسومًا على الشحنة valency (عدد الإليكترونات التى يمكن أن تفقد أو تكتسب فى المدار الخارجى للذرة) . فمثلاً . . الوزن المكافىء لملح كلوريد البوتاسيوم الذى يتكون من أيونات أحادية هما البوتاسيوم (K^+) والكلور(Cl^-) هو نفسه الوزن الجزيئى أو المول. أما ملحٍ كبريتات البوتاسيوم(K_2SO_4) الذى يوجد به أيون ثنائى الشحنة هو الكبريتات(SO_4^{--}) ، فإن وزنه المكافىء يكون مساويًا لنصف وزنه الجزيئى .

وبناء على ما تقدم . فإن محلولين من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم لهما التركيز نفسه بالمللى مكافىء / لتر سيكون بكلٍ منهما التركيز نفسه من البوتاسيوم ، لكن سيكون أيون الكلور فى أحدهما ضعف تركيز أيون الكبريتات فى الآخر .

ويفضل التعبير عن التركيز بالمللى مكافىء / لتر عند الرغبة فى مقارنة تركيز عنصرٍ ما فى محاليل تحضر بإذابة أملاحٍ مختلفة فى شحنات الأيونات المكونة لها .

ولمزيدٍ من التوضيح . . فإن :

أ ـ الوزن المكافىء للعنصر يساوى وزنه الذرى مقسومًا على تكافئه . ويراعى أن العنصر الواحد قد يكون له أكثر من تكافؤ ؛ مثل الحديد (تكافؤ الحديدوز = ٢ ، بينما تكافؤ الحديديك = ٣) .

ب ـ الوزن المكافىء للحامض يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ما يحتويه من ذرات الأيدروجين (ذرة أيدروجين واحدة ـ مثلاً ـ فى حامض الأيدروكلوريك ، مقابل ذرتَىْ أيدروجين فى حامض الكبريتيك ، وثلاث ذرات فى حامض الفوسفوريك) .

جـ ـ الوزن المكافىء للقلوى يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ما يحتويه من مجموعات الأيدروكسيل (مجموعة أيدروكسيل واحدة ـ مثلاً ـ فى أيدروكسيد البوتاسيوم ، مقابل مجموعتَىْ أيدروكسيل فى أيدروكسيد الكالسيوم ، وثلاث مجموعات فى أيدروكسيد الحديديك) .

د ـ الوزن المكافىء للملح (المركب) يساوى وزنه الجزيئى مقسومًا على عدد ذرات القاعدة التى توجد فى الملح مضروبًا فى تكافئها .˙. فمثلاً . . يكون :

الوزن المكافىء لفوسفات أحادى البوتاسيوم $KH_2PO_4 = \frac{١٣٦}{١} =$ ١٣٦ جم .

الوزن المكافىء لفوسفات أحادى الكالسيوم $CaHPO_4 = \frac{١٣٦}{٢} =$ ٦٨ جم .

الوزن المكافىء لفوسفات ثلاثى الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2 = \frac{٣١٠}{٦} =$ ٥١,٧ جم .

٤ ـ بالضغط الأسموزى :

يعبر عن الضغط الأسموزى بوحدات الضغط الجوى ، علمًا بأن ١ ضغط جوى = ١٤,٧ رطلاً / بوصة مربعة = ١,٠٣٣ كجم / سم^٢ (Resh ١٩٨٥ ، وحبيب وآخرون ١٩٩٣) .

الرقم الأيدروجينى (pH) للمحاليل المغذية

يتراوح الرقم الأيدروجينى المناسب للمحاليل المغذية (فى كلٍّ من النُظُم المغلقة التى يُعاد فيها ضخ المحاليل ، والنظم المفتوحة التى تستعمل فيها المحاليل المغذية مرةً واحدةً) من ٥,٨ إلى ٦,٣ ، وهو يتأثر بدرجةٍ كبيرةٍ بالتوازن بين أيونى النترات

NO_3^- ، والأمونيوم NH_4^+ . ويفضل دائمًا أن يكون النيتروجين الأمونيومى فى حدود ٢٥ ٪ من النيتروجين الكلى ، وألا يقل عن ١٠ ٪ .

ومع تواجد النيتروجين فى صورة نترات يرتفع pH المحلول المغذى تدريجيا ؛ بسبب امتصاص النباتات لأيون النترات ، واستبداله بأيون البيكربونات HCO_3 ، الذى يكوّن جزئ الكربونات ؛ الأمر الذى يؤدى إلى إزالة أيونات الأيدروجين ؛ وبذا . . يرتفع الـ pH.

ويؤثر pH المحاليل المغذية على امتصاص العناصر الدقيقة ؛ فيؤدى انخفاض الـ pH عن ٥ إلى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى درجة السمية ، كما يؤدى ارتفاع الـ pH عن ٧,٥ إلى ترسيب الفوسفور ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والحديد ، والمنجنيز ، وجعلهم فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات .

وتحدث أضرار شديدة لجذور النباتات إذا انخفض pH المحاليل المغذية عن ٤,٠ .

هذا . . ويلزم فى حالة المزارع اللاأرضية التى تستخدم فيها بيئات صلدة لنمو الجذور ـ وتستعاد فيها المحاليل المغذية لإعادة استعمالها من جديد ـ إمرار المحلول المغذى فى المزرعة لمدة ٥ ـ ١٠ دقائق بعد تحضيره ، ثم استعادته وقياس رقمه الأيدروجينى مرةً أخرى ، وتعديله إلى المجال المناسب إن لزم الأمر (Collins & Jensen ١٩٨٣) .

ومع استمرار استعمال المحلول المغذي يقاس رقمه الأيدروجيني يوميا ، ويعدل عند الضرورة إما بحامض الكبريتيك (أو النيتريك) ، وإما بأيدروكسيد الصوديوم (أو الأمونيوم) . وقد تجرى أتمتة عملية المحافظة على الرقم الأيدروجينى فى مجال معين (يكون عادة من ٦,٠ إلى ٦,٢) ؛ بحيث يجرى القياس ويتم إجراء التعديل اللازم تلقائيا أولاً بأول .

ويتم القياس اليدوى للرقم الأيدروجينى ـ يوميا ـ بأخذ عينةٍ من خزان المحلول بعد إضافات الماء والعناصر المغذية إليه . ويجرى القياس إما باستعمال جهاز قياس الرقم الأيدروجينى pH meter ، وإما باستعمال دليلٍ لونّيٍ يتغير لونه حسب الرقم الأيدروجينى فى مدى pH من ٥ إلى ٧ . يُضاف الدليل إلى عينةٍ من المحلول المغذى ، ويقارن اللون بلوحاتٍ لونيةٍ قياسيةٍ توضح اللون فى مختلف مستويات الـ pH (Wilcox عن ١٩٨٢) .

خطوات تحضير المحاليل المغذية

الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية

توجد أمور عامة تلزم مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية نوجزها فيما يلى :

١ ـ يفضل استعمال الأسمدة التجارية العادية كمصدرٍ للعناصر الأولية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) لرخص ثمنها .

٢ ـ يفضل استعمال مساحيق الأسمدة ، مع تجنب استعمال الأسمدة المحببة granular لصعوبة إذابتها .

٣ ـ يمكن الاسترشاد بالقاعدة التالية عند تحضير محلول العناصر المغذية الكبرى (وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والكبريت) : تستعمل نترات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم ، كما أنها توفر جزءاً من الآزوت فى صورة نترات . وتضاف الاحتياجات المتبقية من النترات فى صورة نترات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعضًا من احتياجات البوتاسيوم . أما باقى البوتاسيوم اللازم ، فيمكن الحصول عليه من كبريتات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعض الكبريت . أما باقى الكبريت اللازم ، فيحصل عليه من أملاح الكبريتات الأخرى ؛ مثل كبريتات المغنسيوم التى يمكن استعمالها كمصدر للمغنسيوم .

٤ ـ تتبع الخطوات التالية عند وزن وإذابة الأملاح السمادية المختلفة فى حالة المزارع اللاأرضية التى تستعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استعمالها .

أ ـ توزن أملاح الأسمدة منفردة ، وترتب فى كومات على شرائح من البوليثيلين ؛ حتى لا يفقد منها شيء . ويجب أن يكون الوزن بدقةٍ ، وألا يتعدى الخطأ ± ٥ ٪ .

ب ـ يملأ خزان المحلول بالماء إلى ٩٠ ٪ من حجمه النهائى .

جـ ـ يذاب كل سماد منفردًا فى دلوٍ كبيرٍ به ماء ، ثم يفرغ السماد المذاب فى خزان المحلول مع التقليب ، ويكرر ذلك مع كل سماد . ويستعمل ماء ساخن بالنسبة للأملاح الصعبة الذوبان .

د ـ تذاب العناصر الصغرى أولاً ، ثم العناصر الكبرى .

هـ ـ يمكن فى التحضيرات الصغيرة خلط كل أملاح الكبريتات معًا ، وكذلك كل أملاح النترات ، وكل أملاح الفوسفات .

٥ ـ أما فى حالة المزارع اللاأرضية التى لا تستعاد فيها المحاليل المغذية المستعملة فى الرى ، فإنه يتم تحضير محاليل سمادية مركزة Stock Solutions من مختلف العناصر الغذائية ، تحقن فى مياه الرى بالقدر المناسب ؛ ليصبح ماء الرى محلولا سماديا مناسبًا للنمو النباتى . وقد تحضر كميات من المحاليل السمادية المركزة لاستعمالها ـ كذلك ـ فى تعديل تركيز المحاليل المغذية المستعملة فى النظم المغلقة .

ولتحضير المحاليل المركزة يجب أن تؤخذ فى الحسبان درجة ذوبان مختلف الأملاح ، والتفاعلات التى تحدث بينها ، والأملاح التى تنتج من تلك التفاعلات ودرجة ذوبانها . فإذا أذيبت الأملاح السمادية بتركيزات عالية ـ كما فى المحاليل المركزة ـ فإن الأملاح الجديدة التى تنتج من تفاعل الأملاح المذابة قد تكون قليلة الذوبان فى الماء ؛ مما يؤدى إلى ترسبها . وتجدر الإشارة إلى أن هذا الترسب لا يحدث فى المحاليل المغذية التى توجد فيها الأملاح السمادية بتركيزات منخفضة ؛ نظرًا لأن تكوّن الأملاح القليلة الذوبان يحدث فيها بكميات قليلة ؛ فتبقى ذائبةً فى المحلول المغذى ؛ لأن كمية الماء فيه كبيرة .

ولا شك أن أكثر الوسائل أمانًا لتجنب ترسيب الأملاح فى المحاليل المركزة هو بتحضير محلول مركز مستقل لكل عنصر ، ولكن ذلك غير عملىّ . ويتم ـ عادة ـ خلط معظم الأملاح معًا مع مراعاة ما يلى :

١ ـ عدم خلط نترات الكالسيوم - التى توجد بأعلى تركيز ـ مع كبريتات المغنسيوم ؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى ترسب الكالسيوم فى صورة كبريتات الكالسيوم .

٢ ـ عمل محلول مركز من نترات الكالسيوم مع الحديد المخلبى فقط .

٣ ـ عمل محلول مركز من جميع الأملاح الأخرى معًا ، مع ملاحظة إذابة كبريتات النحاس أولاً فى كمية من الماء ، ثم إضافة المحلول الناتج إلى محلول بقية العناصر .

وقد تحضر ثلاثة محاليل سمادية مركزة ، يحتوى إحداها على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى ، ويحتوى الثانى على بقية العناصر الكبرى ، بينما يحتوى الثالث على بقية العناصر الصغرى .

كما قد تحضر أربعة محاليلٍ سماديةٍ مركزةٍ مختلفة خاصة بالعناصر الكبرى ، ومحلول قياسي خامس للحديد ، وسادس لباقى العناصر الدقيقة ، كما فى حالة تحضير محلول هوجلاند المغذى .

طريقة حساب الكميات اللازمة من مختلف الأسمدة لتحضير المحاليل المغذية

يمكن حساب الكميات اللازمة من الأملاح السمادية المختلفة لتحضير المحاليل المغذية ، كما فى المثال التالى :

إذا كان التركيز المطلوب للكالسيوم فى المحلول المغذى هو ٢٠٠ جزءٍ فى المليون ، فإنه يلزم ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم فى كل لترٍ من الماء . فإذا علمنا أن كل ١٦٤ ملليجرام من نترات الكالسيوم $Ca\,(NO_3)_2$ يوجد بها ٤٠ ملليجرام كالسيوم Ca (من واقع الوزن الجزيئى لنترات الكالسيوم ، والوزن الذرى للكالسيوم ، ومع فرض ١٠٠٪ نقاوة) ، فإن أول خطوةٍ تكون هى حساب كمية نترات الكالسيوم اللازمة للحصول على ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم كالتالى :

١٦٤ ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٤٠ ملليجرام كالسيوم .

س ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم .

$$\therefore \text{س} = \frac{١٦٤ \times ٢٠٠}{٤٠} = ٨٢٠$$ ملليجرام نترات كالسيوم .

فإذا أُذيب ٨٢٠ ملليجرام نترات كالسيوم فى لترٍ من الماء ، فإننا نحصل على كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزءٍ فى المليون .

وهذا بفرض أن ملح الكالسيوم المستعمل نقى تمامًا . فإن لم يكن كذلك (وهو الأمر الغالب) لزم إضافة المزيد من نترات الكالسيوم لتعويض النقص الناشىء عن عدم النقاوة . فمثلاً .. إذا كانت درجة نقاوة نترات الكالسيوم ٩٠ ٪ ، فإنه يجب

أن تكون الكمية المستعملة منها هى $\frac{١٠٠}{٩٠}$ × ٨٢٠ = ٩١١ ملليجرام . وبذلك . . فإنه عند إذابة ٩١١ ملليجرام من نترات كالسيوم ذات نقاوة ٩٠ ٪ فى لتر من الماء ، فإنها تعطى كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون .

وطبيعى أن تلزم فى معظم الأحوال كميات أكبر من لتر من المحلول المغذى ، ويتطلب ذلك معرفة الاحتياجات المائية أولاً .

وعمومًا . . فإن س ملليجرام من المركب السمادى فى اللتر = س جم من المركب نفسه فى المتر المكعب .

أى إن الكمية التى تلزم من نترات الكالسيوم لكل مترٍ مكعبٍ من المحلول السمادى = ٩١١ جم .

ويمكن دمج الخطوات السابقة فى معادلةٍ واحدةٍ كالتالى:

$$W = \frac{CM}{A} \frac{100}{P} K$$

حيث إن :

W= الوزن اللازم من السماد معبراً عنه بالجرام / م٣.

C = التركيز المطلوب من العنصر ، معبرًا عنه بالجزء فى المليون.

M = الوزن الجزيئى للسماد المستعمل.

A = الوزن الذرى للعنصر المطلوب.

P = نسبة نقاوة السماد المستعمل.

K = عامل التحويل من المليجرام / لتر إلى الجرام / م٣

وفى المثال السابق نجد أن :

$$W = \frac{٢٠٠ \times ١٦٤}{٤٠} \times \frac{١٠٠}{٩٠} \times ١,٠ = ٩١١ \text{ جم / م}^٣$$

وإذا كان المركب المستعمل يحتوى على أكثر من عنصرٍ ضروريٍّ للنبات (وتلك

هى الحالة الغالبة) ، فإنه يجب حساب الكميات التى تم تأمينها من العناصر الأخرى عندما تم توفير كافة الاحتياجات من العنصر الأول .

فنترات الكالسيوم التى استعملت تحتوى على كالسيوم ونيتروجين ؛ ولذلك .. فإن الخطوة التالية تكون حساب كمية النيتروجين التى أُضيفت بعدما وفرت كل احتياجات الكالسيوم كالتالى :

الكمية المضافة من النيتروجين =

$$\frac{١٤ \times ٢}{١٦٤} \times ٨٢٠ = ١٤٠$$ ملليجرام / لتر (جزء فى المليون) .

وهذا الحساب يجب أن يتم مع استعمال نظام الجزء فى المليون كالتالى :

$$C_{E_2} = \frac{A_{E_2}}{M} \quad \frac{C_{E_1}\, M}{A_{E_1}} = \frac{A_{E_2}\, C_{E_1}}{A_{E_1}}$$

حيث إن

C_{E_1} = تركيز العنصر الأول المطلوب بالجزء فى المليون.

C_{E_2} = الجزء فى المليون المتوفر من العنصر الثانى المطلوب.

A_{E_1} = الوزن الذرى الكلى للعنصر الأول.

A_{E_2} = الوزن الذرى للعنصر الثانى.

M = الوزن الجزيئى للمادة المستعملة .

والخطوة التالية تكون هى حساب الكميات الإضافية من العنصر السمادى الثانى التى يلزم توفيرها من مركبٍ سماديّ آخر . فمثلاً .. إذا كان المطلوب ١٥٠ جزءاً فى المليون من الآزوت فى المحلول المغذى ، إذاً الكمية المتبقية اللازمة = ١٥٠ - ١٤٠ = ١٠ أجزاء فى المليون من الآزوت . وهذه الكمية يمكن الحصول عليها من نترات البوتاسيوم ، فتكون كمية نترات البوتاسيوم اللازمة للحصول على ١٠ أجزاء فى المليون من النيتروجين هى:

$$W_{KNO_3} = \frac{C_N\, M_{KNO_3}}{A_N} \; \frac{100}{P} \; K$$

$$= \frac{10 \times 101}{14} \; \frac{100}{95} \; 1.0$$

$$= 75.9 \text{ g/ m}^2$$

أى حوالى ٧٦ جرامًا لكل مترٍ مكعبٍ ، وهكذا تستمر الحسابات بالطريقة نفسها لجميع العناصر الضرورية .

وإذا أدى توفير الاحتياجات من أحد العناصر إلى زيادة تركيز أحد العناصر الأخرى عن الحد المناسب ، فإنه يجب توفير احتياجات العنصر الثانى أولاً ، ثم استعمال سمادٍ آخر فى تأمين باقى الاحتياجات من العنصر الأول (Resh ١٩٨٥) .

ويتطلب إجراء حسابات كميات الأسمدة اللازمة معرفة الأوزان الذرية لمختلف العناصر التى تدخل ـ عادةً ـ فى تركيب المحاليل المغذية ، وهى كما يلى :

العنصر	رمزه	وزنه الذرى
الكربون	C	١٢,٠١
الأيدروجين	H	١,٠٠٨
الأوكسجين	O	١٦,٠٠
النيتروجين	N	١٤,٠١
الفوسفور	P	٣٠,٩٧
البوتاسيوم	K	٣٩,١٠
الكالسيوم	Ca	٤٠,٠٨
المغنيسيوم	Mg	٢٤,٣١
الكبريت	S	٣٢,٠٦
الحديد	Fe	٥٥,٨٥
البورون	B	١٠,٨١
النحاس	Cu	٦٣,٥٤
المنجنيز	Mn	٥٤,٩٤
الموليبدنم	Mo	٩٥,٩٤
الزنك	Zn	٦٥,٣٧
الكلورين	Cl	٣٥,٤٥
الصوديوم	Na	٢٢,٩٩
الألومنيوم	Al	٢٦,٩٨
السيلنيم	Se	٧٨,٩٦
السيليكون	Si	٢٨,٠٩

الأسمدة التى يشيع استخدامها فى تحضير المحاليل المغذية

يتضمن جدول (٤ ـ ٥) قائمةً بأسماء أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية ، مع بيان الاسم التجارى ، والتركيب الكيميائى ، والوزن الجزيئى لكلٍّ منها ، وكذلك العناصر الغذائية التى توجد بها ، ودرجة ذوبانها فى الماء، وتكلفتها . ويفيد هذا الجدول فى تخيُّر الأسمدة التى يمكن استعمالها كمصادر للعناصر المختلفة .

كما يبين جدول (٤ ـ ٦) كيفية حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات المطلوبة من العناصر أو العكس .

أما جدول (٤ ـ ٧) فإنه يعطى النسبة المئوية للنقاوة فى أهم الأسمدة التجارية المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى .

ولتسهيل العمليات الحسابية ، فإن جدول (٤ ـ ٨) يعطى الكمية اللازمة من الملح السمادى بالجرام لتحضير ١٠٠٠ لترٍ من المحلول المغذى بتركيز جزءٍ واحدٍ فى المليون من العنصر المعنى . ويشتمل الجدول على ٢١ سمادًا تعتبر أهم المصادر الشائعة لجميع العناصر الغذائية .

وتؤكد دراسات Wang (١٩٩٠) على الفلفل أن استعمال أيون الحديدوز كان أفضل من استعمال أيون الحديديك ؛ فقد كان الوزن الجاف الكلى للنباتات عند استعمال أيون الحديديك ٦٠ ٪ من وزنها عند استعمال أيون الحديدوز . كما كان لشحنة أيون الحديد تأثير مماثل على الوزن الطازج للنباتات وطول الجذور.

جدول (٤ ـ ٥) : أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية .

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
		العناصر الكبرى			
نترات البوتاسيوم KNO_3	١٠١,١	K^+ NO_3^-	١ : ٤	منخفضة	سريع الذوبان رخيص الثمن
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	١٦٤,١	Ca^{++} $2(NO_3)^-$	١ : ١	متوسطة	(يتبع)

تابع جدول (٤ ـ ٥).

الاسم التجارى للسماد وزمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
		تابع: العناصر الكبرى			
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2\ SO_4$	١٣٢,٢	$2(NH_4^+)$ $SO4^{--}$	١ : ٢	متوسطة	
فوسفات الأمونيوم ثنائى الأيدروجين $NH_2H_2PO_4$	١١٥,٠	NH_4^+ $H_2PO^-_4$	١ : ٤	متوسطة	لا تستخدم هذه المركبات إلا تحت ظروف الإضاءة الجيدة، أو لعلاج حالة نقص الآزوت
فوسفات الأمونيوم أحادى الأيدروجين $(NH_4)_2HPO_4$	١٣٢,١	$2(NH_4^+)$ HPO_4^{--}	١ : ٢	متوسطة	مثل السماد السابق
فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4	١٣٦,١	$H_2PO_4^-$ K^+	١ : ٣	مرتفعة جدا	مثل السماد السابق
كلوريد البوتاسيوم KCl	٧٤,٥٥	K^+ Cl^-	١ : ٣	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص البوتاسيوم ، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء
كبريتات البوتاسيوم $K_2\ SO_4$	١٧٤,٣	$2K^+$ SO_4^{--}	١ : ١٥	منخفضة	تجب إذابته فى الماء الساخن
فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca\ (H_2PO_4)_2\ H_2O$	٢٥٢,١	$2H_2PO_4^-$ Ca^{++}	١ : ٦٠	منخفضة	
سوبر فوسفات ثلاثى $CaH_4(PO_4)_2$	يختلف	Ca^{++} $2PO_4^{--}$	١ : ٣٠٠	منخفضة	لا يستخدم غالبا لضعف ذوبانه فى الماء
كبريتات المغنسيوم $MgSO_47H_2\ O$	٢٤٦,٥	Mg^{++} SO_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$	٢١٩,١	Ca^{++} $2Cl^-$	١ : ١	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص الكالسيوم ، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء

تابع جدول (٤ ـ ٥).

الاسم التجارى للسماد وزمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
		تابع :العناصر الكبرى			
حامض الفوسفوريك H_3PO_4	٩٨,٠	PO_4^{---}	حامض مركز		يستعمل ـ خاصة ـ لعلاج نقص الفوسفور
		العناصر الصغرى			
كبريتات الحديدوز $FeSO_4 7H_2O$	٢٧٨,٠	Fe^{++} SO_4^{--}	١ : ٤		
كلوريد الحديديك $FeCl_36H_2O$	٢٧٠,٣	F^{+++} $3Cl^-$	١ : ٢		
حديد مخلبى Fe EDTA (١٠,٥ ٪ حديد)	٢٨٢,١	Fe^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	أفضل مصادر الحديد. يذاب فى الماء الساخن
حامض البوريك H_3BO_3	٦١,٨	B^{+++}	١ : ٢٠	مرتفعة	أفضل مصادر البورون. يذاب فى الماء الساخن
بوراكس أو ترابورات الصوديوم $Na_2B_4O_7 10H_2O$	٣٨١,٤	B^{+++}	١ : ٢٥		
كبريتات النحاس $CuSO_2 5H_2O$	٢٤٩,٧	Cu^{++} SO_4^{--}	١ : ٥	منخفضة	
كبريتات المنجنيز $MnSO_4 4H_2O$	٢٢٣,١	Mn^{++} SO_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد المنجنيز $MnCl_24H_2$	١٩٧,٩	Mn^{++} $2Cl^-$	١ : ٢	منخفضة	
كبريتات الزنك $ZnSO_4 7H_2$	٢٨٧,٦	Zn^{++} SO_4^{--}	١ : ٣	منخفضة	
كلوريد الزنك $ZnCl_2$	١٣٦,٣	Zn^{++}	١ : ١,٥	منخفضة	
موليبدات الأمونيوم $(NH_4)_6 Mo_7O_{24}$	١١٦٣,٩	$2Cl^-$ NH_4^+	١ : ٢,٣	مرتفعة نوعا	
زنك مخلبى ZnEDTA	٤٣١,٦	Mo^{+6}	سريع الذوبان	مرتفعة	
منجنيز مخلبى MnEDTA	٣٨١,٢	Zn^{++} Mn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	

جدول (٤ ـ ٦) : طريقة حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات اللازمة من العناصر أو العكس (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

تضرب الكمية المطلوبة من	فـى	للحصول على الكمية المطلوبة من
الأمونيا - Ammonia-NH_3	4.700	نترات الأمونيوم - Ammonium nitrate-NH_4NO_3
الأمونيا - Ammonia-NH_3	3.879	كبريتات الأمونيوم - Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
الأمونيا - Ammonia-NH_3	0.823	النيتروجين - Nitrogen-N
نترات الأمونيوم - Ammonium nitrate-NH_4NO_3	0.350	النيتروجين - Nitrogen-N
كبريتات الأمونيوم - Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$	0.212	النيتروجين - Nitrogen-N
البوراكس - Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$	0.114	البورون - Boron-B
حامض البوريك - Boric acid-H_3BO_3	0.177	البورون - Boron-B
البورون - Boron-B	8.813	البوراكس - Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$
البورون - Boron-B	5.716	حامض البوريك - Boric acid-H_3BO_3
الكالسيوم - Calcium-Ca	1.399	أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO
الكالسيوم - Calcium-Ca	2.498	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
الكالسيوم - Calcium-Ca	1.849	أيدرروكسيد الكالسيوم - Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
الكالسيوم - Calcium-Ca	4.296	كبريتات الكالسيوم - Calcium sulfate-$CaSO_4.\ 2H_2O$ (gypsum)
كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.400	الكالسيوم - Calcium-Ca
كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.741	أيدروكسيد الكالسيوم - Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.560	أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO
كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$	0403	أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-CaCO3	0.842	كربونات المغنيسيوم - Magnesium carbonate-$MgCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم- Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	0.541	الكالسيوم - Calcium-Ca
أيدروكسيد الكالسيوم- Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	1.351	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم- Calcium hydrocide-$Ca(OH)_2$	0.756	أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO
أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO	0.715	الكالسيوم - Calcium-Ca
أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO	1.785	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO	1.323	أيدروكسيد الكالسيوم - Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO	3.071	كبريتات الكالسيوم - Calcium sulfalte-$CaSO_4\ .2H_2\ O$ (gypsum)
الجبس - Gypsum-$CaSO_4.\ 2H_2O$	0.326	أوكسيد الكالسيوم - Calcium oxide-CaO

يتبع

تابع جدول (٤ ـ ٦) .

تضرب الكمية المطلوبة من	فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
الجبس - Gypsum-$CaSO_4 . 2H_2O$	0.186	الكبريت - Sulfur-S
أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO	2.480	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO	0.603	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
أوكسيد المغنيسيوم Magnesia-MgO	2.092	كربونات المغنيسيوم - Magnesium carbonate-$MgCO_3$
أوكسيدالمغنيسيوم Magnesia-MgO	2.986	كبريتات المغنيسيوم - Nagnesium sulfate-$MgSO_4$
أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO	6.114	كبريتات المغنيسيوم - Magnesium sulfate- MgSO4 .$7H_2O$ (Epsom salts)
المغنيسيوم - Magnesium-Mg	4.116	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
المغنيسيوم - Magnesium-Mg	1.658	أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
المغنيسيوم - Magnesium-Mg	3.466	كربونات المغنيسيوم - Magnesium carbonate-$MgCO_3$
المغنيسيوم - Magnesium-Mg	4.951	كبريتات المغنيسيوم - Magnesium sulfate-$MgSO_4$
المغنيسيوم - Magnesium-Mg	10.136	كبريتات المغنيسيوم - Magnesum sulfate- $MgSO_4$ $7H_2O$ (Epsom salts)
كربونات المغنيسيوم Magnesium carbonate-$MgCO_3$	1.187	كربونات الكالسيوم - Calcium carbonate-$CaCO_3$
كربونات المغنيسيوم Magnesium carbonate-$MgCO_3$	0.478	أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
كربونات المغنيسيوم Magnesium carbonate-$MgCO_3$	0.289	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
كبريتات المغنيسيوم - Magnesium sulfate-MgSO4	0.335	أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم - Magnesium sulfate-$MgSO_4$	0.202	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
كبريتات المغنيسيوم - Magnesium sulfate- $MgSO_4 .7H_2O$ (Epsom salts)	0.164	أوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم - Magnesinm sulfate- $MgSO_4 .7H_2O$ (Epsom salts)	0.099	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
المنجنيز - Manganese-Mn	2.749	كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate-$MnSO_4$
المنجنيز - Manganese-Mn	4.060	كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate- $MnSO_4 .4H_2O$
كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate- $MnSO_4$	0.364	المنجنيز - Manganese-Mn
كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate- $MnSO_4 .4H_2O$	0.246	المنجنيز Manganese-Mn
النترات - Nitrate-NO_3	0.226	النيتروجين - Nitrogen-N

يتبع

تابع جدول (٤ ـ ٦) .

تضرب الكمية المطلوبة من		فى	للحصول على الكمية المطلوبة من	
النيتروجين -	Nitrogen-N	1.216	الأمونيا -	Ammonia-NH_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	2.856	نترات الأمونيوم -	Ammonium nitrate-NH_4NO_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	4.716	كبريتات الأمونيوم -	Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
النيتروجين -	Nitrogen-N	4.426	النترات -	Nitrate-NO_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	6.068	نترات الصوديوم	Sodium nitrate-$NaNO_3$
النيتروجين -	Nitrogen-N	6.250	البروتين -	Protein
خامس أوكسيد الفوسفور -	Phosphoric acid-P_2O_5	0.437	الفوسفور -	Phosphorus-P
الفوسفور -	Phosphorus-P	2.291	خامس أوكسيد الفوسفور -	Phosphoric acid-P_2O_5
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	1.583	كلوريد البوتاسيوم -	Potassium chloride-KCl
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	2.146	نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	0.830	البوتاسيوم -	Potassium-K
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	1.850	كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4
البوتاسيوم -	Potassium-K	1.907	كلوريد البوتاسيوم -	Potassium chloride-KCl
البوتاسيوم -	Potassium-K	1.205	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
البوتاسيوم -	Potassium-K	2.229	كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4
كلوريد البوتاسيوم -	Potassium chloride-KCl	0.632	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
كلوريد البوتاسيوم -	Potassium chloride-KCl	0.524	البوتاسيوم -	Potassium-K
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.466	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.387	البوتاسيوم	Potassium-K
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.540	أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.449	البوتاسيوم -	Potassium-K
نترات الصوديوم -	Sodium nitrate-$NaNo_3$	0.165	النيتروجين -	Nituogen-N
الكبريت	Sulfur-S	5.368	كبريتات الكالسيوم -	Calcium sulfate- $CaSO_4 .2H_2 O$ (gypsum)
الكبريت	Sulfur-S	2.497	ثالث أوكسيد الكبريت -	Sulfur trioxide-SO_3
الكبريت	Sulfur-S	3.059	حامض الكبريتيك -	Sulfuric acid-H_2SO_4
ثالث أوكسيد الكبريت -	Sulfur trioxide-SO_3	0.401	الكبريت -	Sulfur-S
حامض الكبريتيك -	Sulfuric acid-H_2SO_4	0.327	الكبريت -	Sulfur-S

جدول (٤ ـ ٧) : نسبة النقاوة فى بعض الأسمدة التجارية الهامة .

السماد	النقاوة (٪)
فوسفات الأمونيوم	٩٨
كبريتات الأمونيوم	٩٤
نترات الأمونيوم النقية	٩٨
نترات البوتاسيوم	٩٥
نترات الكالسيوم	٩٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٢
كبريتات البوتاسيوم	٩٠(أ)
كلوريد البوتاسيوم	٩٥
كبريتات المغنيسيوم	٤٥
كلوريد الكالسيوم	٧٥
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	٧٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٨

(أ) استبعد ماء التبلور عند حساب نسبة النقاوة .

جدول (٤ ـ ٨) : كمية السماد التى تلزم لتحضير محلول مغذ بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر الذى يوفره السماد .

السماد وتحليله	العنصر الذى يوفره السماد	كمية السماد بالجرام اللازمة لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر المعنى
كبريتات الأمونيوم (٢١ ـ صفر ـ صفر)	نيتروجين	٤,٧٦
نترات الكالسيوم (١٥,٥ ـ صفر ـ صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
	كالسيوم	٤,٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ ـ صفر ـ ٣٦,٩)	نيتروجين	٧,٣٠
	بوتاسيوم	٢,٦٠
نترات الصوديوم (١٥,٥ ـ صفر ـ صفر)	نيتروجين	٦,٤٥

(يتبع)

تابع جدول (٤ ـ ٨).

السـماد وتحليله	العنصر الذى يوفره السماد	كمية السماد بالجرام اللازمة لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر المعنى
اليوريا (٤٦ ـ صفر ـ صفر)	نيتروجين	٢,١٧
نتروفوسكا (١٥ ـ ٦,٥ ـ ٢١,٥)	نيتروجين	٦,٦٠
	فوسفور	١٥,٠٠
	بوتاسيوم	٨,٣٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر ـ ٢٢,٥ ـ ٢٨)	بوتاسيوم	٣,٥٣
	فوسفور	٤,٤٥
كبريتات البوتاسيوم (صفر ـ صفر ـ ٤٣,٣)	بوتاسيوم	٢,٥٠
كلوريد البوتاسيوم (صفر ـ صفر ـ ٤٩,٨)	بوتاسيوم	٢,٠٥
فوسفات أحادى الكالسيوم (صفر ـ ٢٠,٨ ـ صفر)	فوسفور	٤,٧٨
فوسفات أحادى الأمونيوم (١١ ـ ٢٠,٨ ـ صفر)	فوسفور	٤,٧٨
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	كالسيوم	٤,٨٠
حامض البوريك	بورون	٥,٦٤
كبريتات النحاس	نحاس	٣,٩٠
كيرتات الحديدوز	حديد	٥,٥٤
حديد مخلبى ٩ ٪	حديد	١١,١٠
كبريتات المنجنيز	منجنيز	٤,٠٥
كبريتات المنجنيز المهدرج (ملح إبسون)	منجنيز	١٠,٧٥
ثالث أكسيد الموليبدنم MoO_3	موليبدنم	١,٥٠
موليبدات الصوديوم	موليبدنم	٢,٥٦
كبريتات الزنك	زنك	٤,٤٢

أمثلة للمحاليل المغذية المستعملة تجاريا

تقترب معظم المحاليل المغذية فى تركيبها من محاليل هوجلاند المغذية ؛ ولذا فسنبدأ بشرح طريقة تحضيرها بالتفصيل ، ثم نتابع ذكر أمثلةٍ للمحاليل الأخرى

المستعملة تجاريا . ولمزيد من أمثلة المحاليل المغذية ـ خلافًا لتلك المقدمة فى هذا الجزء ـ فإنه يمكن مراجعة Hewitt(١٩٦٦) و Douglas (١٩٨٥) .

محاليل هوجلاند المغذية

يوجد اثنان من محاليل هوجلاند المغذية Hogland's Nutrient Solutions يكون النيتروجين فى أحدهما نتراتى فقط، بينما يتوفر النيتروجين فى المحلول الثانى فى صورتيه النترانية والأمونيومية . ويحضران من تسعة محاليل قياسية standard stock solutions مختلفة. هذا . . وتحضر المحاليل القياسية ، كما فى جدول (٤ ـ ٩) ، بينما يحضر محلولا هوجلاند من هذه المحاليل القياسية ، كما هو مبين فى جدول (٤ ـ ١٠) ، وهى التى تستعمل فى تغذية النباتات (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠) . ويقتصر استعمال محاليل هوجلاند غالبًا على دراسات فسيولوجيا النبات .

جدول (٤ ـ ٩) : طريقة تحضير المحاليل القياسية اللازمة لعمل محلولى هوجلاند (أ) ، (ب) .

رقم المحلول القياسى	المركب وتركيبه الكيميائى		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسى
١	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$	٢٣٦,٢
٢	نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٠١,١
٣	فوسفات أحادى البوتاسيوم	KH_2PO_4	١٣٦,١
٤	كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4 . 7 H_2O$	٢٤٦,٥
٥	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$	٢٣٦,٢
٦	فوسفات أحادى الأمونيوم	$NH_4H_2PO_4$	١١٥,٠
٧	كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٢٤٦,٥
٨	حامض البوريك	H_3BO_3	٢,٨٦
	كلوريد المنجنيز	$MnCl_2 . 4H_2O$	١,٨١

تابع جدول (٤ ـ ٩).

رقم المحلول القياسى	المركب وتركيبه الكيميائى		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لترٍ من المحلول القياسى
	كبريتات الزنك	$ZnSO_4 . 7H_2O$	٠,٢٢
	كبريتات النحاس	$CuSO_4 . 5 H_2 O$	٠,٠٨
	حامض الموليبديك	$H_2 MoO_4 . H_2O$	٠,٠٢
٩	حديد مخلبى		ما يكفى من المادة لأن يكون تركيز الحديد فى المحلول القياسى ١,٠٪ (أ)

(أ) مثال : إذا استخدم التحضير التجارى Sequestrene 330 كمصدر للحديد ، فإنه يلزم منه ١٠ جم تذاب فى الماء لعمل لترٍ من محلول الحديد القياسى ؛ نظرًا لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠ ٪ .

جدول (٤ ـ ١٠) : طريقة تحضير محلولى هوجلاند أ ، ب من المحاليل القياسية المبينة فى جدول (٤ ـ ٩) .

محلول هوجلاند (أ)	المحلول القياسى (براجع جدول ٤ ـ ٩)	الكمية اللازمة بالملليلتر (مل) لتحضير لتر من المحلول المغذى
أ	١	٥
	٢	٥
	٣	١
	٤	٢
	٨	١
	٩	١
ب	٥	٤
	٢	٦
	٦	١
	٧	٢
	٨	١
	٩	١

(أ) لتحضير أى من المحلولين (أ) أو (ب) تضاف الكميات المبينة من المحاليل القياسية المختلفة إلى ٨٠٠ مل ماءً مقطرًا ، ثم يكمل الحجم النهائى إلى لترٍ .

محلول هيوت المغذى

يحضر محلول هِيوتّ Hewitt المغذى كما هو فى جدول (٤ ـ ١١) من الأملاح النقية والماء المقطر ، ويستخدم غالبًا فى دراسات فسيولوجيا النبات (Devlin ١٩٧٥) .

جدول (٤ ـ ١١) : الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هيوت المغذى وتركيزاتها به .

رقم المحلول القياسى			المركب		
			جم / لتر	جزء فى المليون	مللى مول / لتر
نترات البوتاسيوم	KNO_3		٠,٥٠٥٠٠٠	البوتاسيوم = ١٩٥	٥,٠
		م		النيتروجين = ٧٠	
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	م	٠,٨٢٠٠٠٠	الكالسيوم = ٢٠٠	٥,٠
		م		النيتروجين = ١٤٠	
فوسفات الصوديوم	$NaH_2PO_4.2H_2O$	م	٠,٢٠٨٠٠٠	الفوسفور = ٤١	١,٣٣
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	م	٠,٣٦٩٠٠٠	المغنسيوم = ٢٤	٣,٠٠
سترات الحديديك		م	٠,٠٢٤٥٠٠	الحديد = ٥,٦	٠,١
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4$		٠,٠٠٢٢٣٠	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠١
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H_2O$		٠,٠٠٠٢٤٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
كبريتات الزنك	$ZnSO_4.7H_2O$		٠,٠٠٠٢٩٦	الزنك = ٠,٠٦٥	٠,٠٠١
حامض البوريك	H_3BO_3		٠,٠٠١٨٦٠	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٣٣
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O$		٠,٠٠٠٠٣٥	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠٢
كبريتات الكوبالت	$CoSO_4 7H_2O$		٠,٠٠٠٠٢٨	الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
كلوريد الصوديوم	$NaCl$		٠,٠٠٥٨٥٠	الكلور = ٣,٥٥	٠,٠١

محاليل مغذية متنوعة تحتوى على جميع العناصر الضرورية للنبات

من أمثلة المحاليل المغذية الكاملة التى استعملت فى مختلف أنحاء العالم ما يلى :

١ ـ فى كاليفورنيا يستعمل محلول مغذٍّ يقارب فى قوته نصف قوة محلول هوجلاند مع بعض التغيير ، ويحضر بإضافة لتر من محلولين قياسيين (١) ، (٢) إلى

٢٠٠ لترٍ من الماء . وتخزن المحاليل القياسية فى أوعيةٍ منفصلةٍ (يفضل أن تكون بلاستيكيةً أو مبطنةً بالبلاستيك) ؛ لتجنب ترسيب العناصر . وبرغم أنه يمكن تخزين المحاليل المركزة دون مشاكل ، إلا أنه يكتفى ـ عادةً ـ بتحضير كمياتٍ تكفى لعدة أسابيع فقط .

ويلزم لتحضير المحلول القياسى رقم (١) الكميات التالية من الأملاح ومحلول العناصر الدقيقة المركزة :

المركب	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم KNO_3	٩,٦ كجم
فوسفات البوتاسيوم $K H_2 PO_4$	٥,٥ كجم
كبريتات المغنسيوم $Mg SO_4 . 7H_2O$	٩,٦ كجم
محلول العناصر الدقيقة المركز	٢٠,٠ لتر

أما المحلول القياسى رقم (٢) ، فتستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح :

المركب	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
نترات الكالسيوم التجارية $Ca (NO_3)_2$	١٧,٤ كجم
حديد مخلبى (Sequestrene 330)	٠,٩ كجم

هذا . . ويضاف الحديد المخلبى إلى كميةٍ قليلةٍ من الماء قبل إضافته إلى محلول نترات الكالسيوم المركز . ويستخدم فى تحضير محلول العناصر الدقيقة المركز الكميات التالية من الأملاح :

المركب	الكمية اللازمة لكل ٢٠٠ لتر ماء
حامض البوريك $H_3 BO_3$	٥٤,٠
كبريتات المنجنيز $Mn SO_4 . H_2O$	٢٨,٠
كبريتات الزنك $Zn SO_4 . 7H_2O$	٤,٠
كبريتات النحاس $Cu SO_4 . 5H_2O$	١,٠
حامض الموليبديك $Mo O_3 . 2H_2O$	٠,٥

يذاب حامض الموليبديك أولاً فى ماءٍ مغليّ ، وتضاف الأملاح الأخرى إلى وعاء يتسع لعشرين لترًا ، وتقلب جيدًا فى نحو ١٢ لتر ماء ، ثم يضاف حامض البوريك المذاب ، ويكمل الوعاء ليصبح حجم المحلول ٢٠ لترًا .

وعند تحضير المحلول المغذى ، فإن المحلولين القياسيين (١) ، (٢) لا يضاف أحدهما إلى الآخر ، وإنما يضاف كل منهما منفردًا إلى الماء ، على أن تكون النسبة ١ محلول قياس رقم (١) : ١ محلول قياس رقم (٢) : ٢٠٠ ماء ، مع ملاحظة أن زيادة نسبة المحاليل القياسية عن ذلك تؤدى إلى ترسيب بعض العناصر . ويحتوى المحلول المغذى الناتج على العناصر المختلفة بالتركيزات المبينة فى جدول (٤ ـ ١٢) .

جدول (٤ ـ ١٢) : تركيز العناصر فى المحلول المغذى المستعمل فى كاليفورنيا .

العنصر	التركيز	
	بالجزء فى المليون	بالمللى مكافئ / لتر
النيتروجين النيتراتى	١٠٣	٧,٥
الفوسفور (على صورة H_2PO_4)	٣٠	١,٠
البوتاسيوم	١٤٠	٣,٥
الكالسيوم	٨٣	٤,٠
المغنيسيوم	٢٤	٢,٠
الكبريت (على صورة SO_4)	٣٢	٢,٠
الحديد	٢,٥	
البورون	٠,٢٥	
المنجنيز	٠,٢٥	
الزنك	٠,٠٢٥	
النحاس	٠,٠١	
الموليبدنم	٠,٠٠٥	

٢ - فى فلوريدا يستعمل محلول مغذٍ تستخدم فى تحضيره الكميات التالية من الأملاح (عن Douglas ١٩٨٥):

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٣٦٥
كبريتات الأمونيوم	٨٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٧٠
كبريتات المغنيسيوم	١٦٠
كبريتات الكالسيوم	٩٠٠
مخلوط أملاح العناصر الدقيقة	١٨

ويحضر مخلوط أملاح العناصر الدقيقة بخلط الكميات التالية من الأملاح خلطًا جيدًا جدا .

المركب	الكمية بالجرام
كبريتات الحديد	١١٣
كبريتات المنجنيز	٧,٥
كبريتات النحاس	٣,٥
بوراكس(Sodium tetraborate)	٨٥
كبريتات الزنك	٣,٥

٣ - يستعمل فى تكساس - بنجاح - المحلول المغذى التالى (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩):

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	١٧٧
نترات الكالسيوم	٩٥١
كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم	٤٤١
كبريتات البوتاسيوم	٣٤٣
حديد مخلبى (FeDTPA)	٣٢

(يتبع)

تابع ما سبق :

المركب	الكمية بالجرام / ۱۰۰۰ لتر ماء
حامض فوسفوريك (٧٥ ٪)	(١٠٦ مل)
كبريتات المنجنيز	٤,٠
حامض البوريك	٥,٨
كبريتات الزنك	١,٣
كبريتات النحاس	١,٣
حامض المولبيديك	٠,١١

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى ـ بالجزء فى المليون ـ كما يلى :

النيتروجين	١٧٢	الحديد	٣
الفوسفور	٤١	البورون	١,٠
البوتاسيوم	٣٠٠	المنجنيز	١,٣
الكالسيوم	١٨٠	الزنك	٠,٣
المغنيسيوم	٤٨	النحاس	٠,٣
الكبريت	١٥٨	المولیبدنم	٠,٠٧

٤ ـ يستعمل فى انجلترا ـ بنجاح ـ مع الطماطم والخيار ـ المحلول المغذى التالى (عن Jones ١٩٨٢) :

المركب	الكمية بالجرام / ۱۰۰۰ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٦٧٠
كبريتات المغنيسيوم	٣١١
نترات الكالسيوم	٩٩٠
فوسفات البوتاسيوم	١٤٠
حديد مخلبى	١٨,٢
كبريتات المنجنيز	٢,١

(يتبع)

تابع ما سبق :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
حامض البوريك	١,٨
كبريتات الزنك	٠,٢٦
كبريتات النحاس	٠,٢٦
موليبدات الأمونيوم	٠,٠٨

٥ ـ يستعمل فى مزارع الحصى فى اليابان محلولان ؛ أحدهما للخضر الثمرية ، والثانى للخضر الورقية ، ويحضران كما يلى :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
محلول الخضر الثمرية	
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الكالسيوم	٩٥٠
كبريتات المغنيسيوم	٥٠٠
فوسفات الأمونيوم	١٥٥
محلول الخضر الورقية	
نترات البوتاسيوم	٨١٠
نترات الأمونيوم	٣٢٠
كبريتات المغنيسيوم	٥٠٠
سوبر فوسفات مركز	٥٨٠

يضاف إلى كلٍّ من المخلوطين حديد مخلبى بتركيز ٣ أجزاء فى المليون ، وبورون بتركيز ٠,٥ جزءاً فى المليون .

٦ ـ يستعمل فى الكويت محلول مغذٍّ يحضر من الأملاح التالية :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات المغنيسيوم	٣٣٩,٣٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	١٢٨,٨٧
نترات الكالسيوم	٢٠٠٢,٠٠
نترات البوتاسيوم	٢٦٤,٠٠
كبريتات البوتاسيوم	١٨,٨٤
كلوريد الصوديوم	١٥٦,٦٠
حامض النيتريك المركز	١٣,٠٠ مل
حامض الأيدروكلوريك المركز	٢٠,٠٠ مل

ويمكن إحلال فوسفات أحادى البوتاسيوم بمعدل ١٣١,١٦٩ جم / ١٠٠٠ لتر ماءٍ محل فوسفات أحادى الكالسيوم .

وتضاف لما سبق العناصر الدقيقة بالمعدلات التالية :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
سترات الحديد والأمونيوم Ferric ammonium citrate	١,٠٠
كبريتات المنجنيز	٠,٥٠
كبريتات النحاس	٠,٠٥
كبريتات الزنك	٠,٠٥
مسحوق حامض البوريك	٠,٥٠
حامض المولبيديك	٠,٠١

٧ ـ يستعمل فى بولندا محلول مغذٍ يحضر من الأملاح التالية (عن Douglas ١٩٨٥) :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٦٠٠
نترات الكالسيوم	٧٠٠

تابع ما سبق :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات الأمونيوم	١٠٠
سوبر فوسفات ثلاثى	٥٠٠
كبريتات المغنيسيوم	٢٥٠
كبريتات الحديد	١٢٠
حامض البوريك	٠,٦
كبريتات المنجنيز	٠,٦
كبريتات الزنك	٠,٦
كبريتات النحاس	٣,٠
موليبدات الأمونيوم	٠,٦

ويمكن زيادة حموضة هذا المحلول بإضافة حامض الفوسفوريك إليه بمعدل ١٠٠ مل لكل ١٠٠٠ لترٍ من المحلول المغذى . كذلك حذف نترات الأمونيوم شتاءً ، وزيادة كبريتات النحاس صيفًا ، وإضافة ٣٠٠ جم كبريتات بوتاسيوم فى الجو الملبد بالغيوم .

٨ ـ محلول جونسون Johnson المغذى (Johnson ١٩٨٥) :

يتكون محلول جونسون المغذى من المكونات التالية :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٢٥١
فوسفات أحادى البوتاسيوم	١٤٣
كبريتات المغنيسيوم	٢٥١
نترات الكالسيوم	٤٤٧
حديد مخلبى (FeDTPA)	٢٤
حامض بوريك	١,٣
كبريتات المنجنيز	٠,٨
كبريتات الزنك	٠,١
كبريتات النحاس	٠,٠٣
حامض الموليبديك	٠,٠١٣

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى ـ بالجزء فى المليون ـ كما يلى :

النيتروجين	١٠٥	الحديد	٢,٣
الفوسفور	٣٣	البورون	٠,٢٣
البوتاسيوم	١٣٨	المنجنيز	٠,٢٦
الكالسيوم	٨٥	الزنك	٠,٠٢٤
المغنيسيوم	٢٥	النحاس	٠,٠١
الكبريت	٣٣	الموليبدنم	٠,٠٠٧

٩ ـ محلول جنسن Jensen المغذى (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩) :

يتكون محلول جنسن المغذى من المكونات التالية :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
كبريتات المغنيسيوم	٤٩٤
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٧٢
نترات البوتاسيوم	٢٠٣
نترات الكالسيوم	٥٠٠
حديد مخلبى (FeDTPA)	٢٥,٤
حامض بوريك	٢,٦
كلوريد المنجنيز	٢,٤
كلوريد النحاس	٠,١٣
حامض الموليبديك	٠,٠٥
كبريتات الزنك	٠,٤

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى ـ بالجزء فى المليون ـ كما يلى :

النيتروجين	١٠٦	الحديد	٣,٨
الفوسفور	٦٢	البورون	٠,٤٦
البوتاسيوم	١٥٦	المنجنيز	٠,٨١
الكالسيوم	٩٣	الزنك	٠,٠٩
المغنيسيوم	٤٨	النحاس	٠,٠٥
الكبريت	٦٤	الموليبدنم	٠,٠٣

١٠ ـ محلول كوبر Cooper المغذى (عن Johnson ١٩٨٥) :

يتكون محلول كوبر المغذى من المكونات التالية :

المركب	الكمية بالجرام / ١٠٠٠ لتر ماء
نترات البوتاسيوم	٥٨٤
كبريتات المغنيسيوم	٥١٨
نترات الكالسيوم	١٠٠٤
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٦٢
حديد مخلبى (FeEDTA)	٧٩
كبريتات المنجنيز	٦,١
حامض البوريك	١,٦
كبريتات النحاس	٠,٤
كبريتات الزنك	٠,٤٥
موليبدات الأمونيوم	٠,٣٧

يبلغ تركيز العناصر فى هذا المحلول المغذى ـ بالجزء فى المليون ـ كما يلى :

النيتروجين	٢٣٦	الحديد	١٢
الفوسفور	٦٠	البورون	٠,٣
البوتاسيوم	٣٠٠	المنجنيز	٢,٠
الكالسيوم	١٨٥	الزنك	٠,١
المغنيسيوم	٥٠	النحاس	٠,١
الكبريت	٦٨	الموليبدنم	٠,٢

محاليل مغذية تحتوى على العناصر الكبرى فقط

تستعمل فى تحضير هذه المحاليل الدرجات التجارية من الأسمدة ، وهى التى تتوفر فيها العناصر الدقيقة فى صورة شوائب . وتتشابه هذه المحاليل بعضها مع بعضٍ إلى حدٍّ كبيرٍ (عن Turner & Henry ١٩٣٩) :

المحلول والأملاح المستعملة في تحضيره	كمية الملح (جم / ١٠٠٠ لتر ماء)	تركيز الملح (مللى مول)
محلول رقم (١)		
كبريتات المغنيسيوم	٢٦٠	١,٠
سوبر فوسفات ثلاثي	٣١٠	١,٠
نترات البوتاسيوم	٨٨٠	٨,٠
كبريتات الأمونيوم	٢٨٠	٢,٠
محلول رقم (٢)		
كبريتات المغنيسيوم	٦٥	٠,٥
سوبر فوسفات ثلاثي	١٥٥	٠,٥
نترات البوتاسيوم	١١٠٠	١٠,٠
كبريتات الكالسيوم (الزراعي)	٧٦٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	١٤٠	١,٠
محلول رقم (٣)		
كبريتات المغنسيوم	٥٢٠	٤,٠
سوبر فوسفات ثلاثي	٦٢٠	٢,٠
نترات البوتاسيوم	٦٦٠	٦,٠
نترات الكالسيوم	٧٢٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	٧٠	٠,٥
محلول رقم (٤)		
كبريتات المغنيسيوم	٦٥	٠,٥
سوبر فوسفات ثلاثي	١٥٥	٠,٥
نترات البوتاسيوم	٦٦٠	٦,٠
نترات الكالسيوم	٧٢٠	٤,٠
كبريتات الأمونيوم	١٦٠	٢,٠

(يتبع)

تابع ما سبق :

المحلول والأملاح المستعملة في تحضيره	كمية الملح (جم / ١٠٠٠ لتر ماء)
محلول رقم (٥)	
نترات البوتاسيوم	٦٧٢
كبريتات الأمونيوم	١٦٨
كبريتات المغنيسيوم	٥٦
فوسفات أحادى الكالسيوم	١١٢
نترات الكالسيوم	١١٢
كبريتات الحديدوز	٣ ملاعق كبيرة
كبريتات المنجنيز (محلول ١ ٪)	٣٠٠ مل

محاليل مغذية تستعمل تجاريا مع محاصيل خاصة وفى مراحل معينة من نموها

يبين جدول (٤ ـ ١٣) طريقة تحضير أربعة محاليل مغذية هى : (أ) ، (ب) ، (جـ) ، (د) تستخدم فى الأغراض التالية :

١ ـ يستعمل المحلول (أ) فى تغذية الطماطم من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى على النبات .

٢ ـ يستعمل المحلول (ب) فى تغذية الطماطم من مرحلة عقد الثمار الأولى حتى نهاية المحصول .

٣ ـ يستعمل المحلول (جـ) فى تغذية الخيار من مرحلة البادرة حتى مرحلة عقد الثمار الأولى .

كما يستخدم أيضًا بالتركيب نفسه فى تغذية الخضر الأخرى غير الورقية ، وللخضر الورقية بعد زيادة مستوى النيتروجين به من ١١٤ إلى ٢٠٠ جزء فى المليون .

٤ ـ يستعمل المحلول (د) فى تغذية الخيار من مرحلة عقد الثمار الأولى إلى نهاية المحصول . هذا .. ويُبين جدول (٤ ـ ١٤) طريقة تحضير محلول العناصر

الدقيقة الذى يضاف بمعدل ١٥٠ مل لكل ١٠٠٠ لتر من أىٍّ من المحاليل الأربعة السابقة الذكر (عن Collins & Jensen ١٩٨٣) .

جدول (٤ ـ ١٣) : طريقة تحضير محاليل مغذية خاصة بمحاصيل محددة فى مراحل معينة من نموها [أ] .

المركب السمادى (الدرجة التجارية) وتركيبه الكيمائى وتحليله (K - P - N)	المحلول والتركيز (أ) جزء فى المليون	(أ) جم/١٠٠٠ لتر	(ب) جزء فى المليون	(ب) جم/١٠٠٠ لتر	(جـ) جزء فى المليون	(جـ) جم/١٠٠٠ لتر	(د) جزء فى المليون	(د) جم/١٠٠٠ لتر
كبريتات المغنيسيوم (ملح إبسوم) $MgSO_4.7H_2O$	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠	٥٠ Mg	٥٠٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر ـ ٢٢,٥ ـ ٢٨) KH_2PO_4	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠	٧٧ K ٦٢ P	٢٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ ـ صفر ـ ٣٦,٩)	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠	٧٧ K ٢٨ N	٢٠٠
كبريتات البوتاسيوم (ب) (صفر ـ صفر ـ ٤٣,٣) K_2SO_4	٤٥ K	١٠٠	٤٥ K	١٠٠	—	–	—	–
نترات الكالسيوم (١٥,٥ ـ صفر ـ صفر) $Ca(NO_3)_2$	٨٥ N ١٢٢ Ca	٥٠٠	١١٦ N ١٦٥ Ca	٦٨٠	١١٦ N ١٦٥ Ca	٦٨٠	٢٣٢ N ٣٣٠ Ca	١٣٥٧
حديد مخلبى (جـ) Sequestrene 330	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥	٢,٥ Fe	٢٥
محلول العناصر الدقيقة (د)	–	١٥٠ مل	–	١٥٠ مل	–	١٥٠ مل	–	١٥٠ مل

(أ) انظر متن الكتاب بخصوص استعمالات هذه المحاليل .

(ب) استعمال كبريتات البوتاسيوم اختيارى .

(جـ) قد يتطلب الأمر زيادة تركيز الحديد إلى ٥ أجزاءٍ فى المليون إذا كان وسط الزراعة جيريا .

(د) انظر جدول (٤ ـ ١٤) بخصوص طريقة تحضير محلول العناصر الدقيقة .

جدول (٤ ـ ١٤) : طريقة إعداد محلول العناصر الدقيقة الذى يستخدم فى تحضير المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤ ـ ١٣) .

الملح ورمزه الكيميائى	العنصر الذى يوفره الملح	تركيز العنصر بالجزء فى المليون فى المحاليل النهائية (المبينة فى جدول ٤ ـ ١٣) (أ)	عدد جرامات الملح فى مخلوط أملاح العناصر الدقيقة (ب)
حامض البوريك H_3BO_3	البورون	٠,٤٤	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز $Mn\ Cl_2 . 4H_2O$	المنجنيز	٠,٦٢	٦,٧٥
كلوريد النحاس $Cu\ Cl_2 . 2H_2O$	النحاس	٠,٠٥	٠,٣٧
أكسيد الموليبدنم MoO_3	الموليبدنم	٠,٠٣	٠,١٥
كبريتات الزنك $Zn\ SO_4 . 7H_2O$	الزنك	٠,٠٩	١,١٨

(أ) يضاف محلول العناصر الدقيقة إلى المحاليل المغذية المبينة فى جدول (٤ ـ ١٣) بنسبة ١٥٠ مل منه لكل ١٠٠٠ لتر من المحاليل المغذية .

(ب) يحتوى المخلوط على ١٥,٩٥ جرامًا من الأملاح التى تضاف إلى ٤٠٠ مل ماء ، وتقلب جيدًا مع التسخين ، ثم يعدل حجم محلول العناصر الدقيقة بعد أن يبرد إلى ٤٥٠ مل بإضافة الماء إليه .

الفصل الخامس

مزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية

مقدمة

يعنى بالزراعة اللاأرضية Soilless Culture إنتاج النباتات بأية طريقةٍ غير زراعتها فى التربة الزراعية ، علمًا بأن مفهوم الأراضى الزراعية يتضمن الأراضى المعدنية أيًّا كان قوامها ، والأراضى العضوية أيًّا كانت نسبة البيت peat أو المك muck بها . وعليه . . لا تعد الزراعة بدون تربةٍ إذا كان الإنْتاج فى تربةٍ رمليةٍ تحتوى على نسبةٍ ولو قليلة من السلت والطين ، أو فى أرضٍ عضوية ، حتى لو كانت نسبة البيت أو المك بها ١٠٠ ٪ . كذلك فإن الإنتاج فى مخاليط الزراعة التى تدخل التربة ضمن مكوناتها لا يعد زراعة بدون تربة .

وبالمقارنة . . فإن الزراعة بدون تربةٍ تتضمن الإِنتاج فى كافة أوساط الزراعة التى لا تكون التربة المعدنية إحدى مكوناتها . وتدخل ضمن هذا التعريف مزارع الرمل الخالص ، والحصى ، والبيت ، والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والمخاليط التى تتركب من أيٍّ من هذه المكونات ، وجميع أوساط الزراعة الصلبة الأخرى كبالات القش المضغوط ، والصوف الصخرى وغيرهما ، وكذلك المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب لنمو الجذور . وجميع هذه المزارع تسقى دومًا بمحاليل مغذيةٍ تحتوى على العناصر المغذية اللازمة للنمو النباتى .

ويفهم من التعريف السابق للزراعة بدون تربةٍ أنه يشتمل أيضًا على المزارع المائية Hydroponics؛ وهى المزارع التى لا يوجد فيها وسط صلب لنمو الجذور ، بل تبقى فيها الجذور محاطةً دائمًا بالمحلول المغذى ، وتثبت النباتات فى مكانها بوسائل

أخرى . وكلمة hydroponics مشتقة من كلمتين يونانيتين : hydro بمعنى ماء ، و ponos بمعنى عمل ، فيكون المعنى الحرفى للكلمة هو عمل الماء .

وتتضمن المزارع المائية بمفهومها الحرفى مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture (حيث تنمو الجذور فى أوعيةٍ خاصةٍ تحتوى على المحلول المغذى)، وتقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique والمزارع الشبيهة بهما ، لكن مفهوم المزارع المائية يمكن أن يتسع ليشمل أيضًا المزارع الهوائية Aeroponics (حيث تبقى الجذور عالقةً فى الهواء فى حيزٍ مغلقٍ) . وجميع الأنواع السابقة الذكر هى من حالات الزراعة بدون تربةٍ ؛ لأنها جميعًا تروى على الدوام بمحاليل مغذيةٍ تحتوى على التركيزات المناسبة من كافة العناصر الضرورية ، بدلاً من الماء العادى .

وبناءً على الشرح المتقدم لكلٍّ من الزراعة بدون تربةٍ والمزارع المائية ، فإن هذين المصطلحين سيستعملان معًا فى هذا الكتاب ليعنيا شيئًا واحدًا ، ألا وهو إنتاج النباتات بطريقةٍ تسمح بنمو الجذور فى بيئةٍ صلبةٍ مجهزةٍ صناعيًّا، تخلو من السلت والطين ، أو فى المحاليل المغذية مباشرة ، أو فى حيزٍ هوائى مغلقٍ ، مع ريها دومًا بالمحاليل المغذية .

ولكن نظرًا لكثرة الأنواع التى تم تطويرها من هذه المزارع . . فقد خُصِّصَ لها فصلان مستقلان : هذا الفصل للمزارع اللاأرضية التى تنمو فيها الجذور فى بيئاتٍ صلدة ، والفصل السادس للمزارع المائية ـ بمفهومها الحرفى ـ والمزارع الهوائية .

هذا . . وقد أدرج موضوع المزارع اللاأرضية بنوعيها ضمن الزراعة المحمية ؛ لأنها لا تجرى ـ غالبًا ـ إلاّ داخل البيوت المحمية .

ونبدأ هذا الفصل بتقديم عرض للموضوعات التمهيدية التى تتضمن المزارع اللاأرضية بنوعيها ، وذلك قبل الدخول فى تفاصيل مزارع البيئات الصلدة اللاأرضية .

نبذة تاريخية

على الرغم من معرفة المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد ، إلاّ أنها لم تتطور وتستخدم لغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلاّ منذ الحرب العالمية الثانية، حينما

كان من الضرورى إنتاج الخضروات الطازجة فى معسكرات الجيوش التى تقع فى مناطق لا تصلح فيها التربة للإنتاج الزراعى . ومنذ ذلك الحين أصبحت المزارع المائية علمًا بذاته، نشر فيه عديد من الكتب والبحوث . وقد أشار Jones (١٩٨٢) إلى ثمانيةٍ وعشرين كتابًا نشرت باللغة الإنجليزية عن المزارع المائية خلال الفترة من ١٩٧٠ ـ ١٩٧٩ . ويمكن لمن يرغب فى الاطلاع على تاريخ تطور استخدام المزارع المائية فى الزراعة الرجوع إلى Douglas (١٩٨٥) .

تقسيم المزارع اللاأرضية ومدى انتشارها

المزارع اللاأرضية هى ـ كما أسلفنا ـ أى نظامٍ يتبع لإِنتاج النباتات فى بيئة غير التربة ، مع ريها بالمحاليل المغذية ، بدلاً من الماء العادى ، سواء استعملت مادة صلدة (مثل الرمل ، والحصى ، والفيرميكيوليت ، والبيت ، والصوف الصخرى . . . إلخ) لتوفير دعم للنمو النباتى ، أم لم تستعمل .

وبذا . . تقسم المزارع اللاأرضية حسب وجود المادة الصلدة أو عدم وجودها إلى :

١ ـ نظم توجد فيها بيئة صلدة لنمو الجذور Aggregate Systems .

٢ ـ نظم لا توجد فيها بيئة صلدة لدعم الجذور Liquid Systems ، ويتم فيها تدعيم وتثبيت الجذور بوسائل خاصة .

كما تقسم المزارع اللاأرضية حسب كون المحلول المغذى يستعمل فيها مرة واحدة ، أو يعاد استخدامه عدة مرات إلى :

١ ـ النظم المفتوحة Open Systems :

حيث لا يستعمل فيها المحلول المغذى سوى مرةٍ واحدةٍ . وهذه المزارع تسقى بماءٍ يحقن أثناء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر الغذائية ، ولا تلزم لها خزانات كبيرة للمحاليل المغذية ، بل تكفى تلك التى تستخدم فى تخزين المحاليل القياسية المركزة .

٢ ـ النظم المغلقة Closed Systems :

حيث يستعاد فيها المحلول المغذى ، ويعاد استخدامه عدة مراتٍ ، مع تعديل

تركيز العناصر به كلما دعت الضرورة (Collins & Jensen ١٩٨٣) . ونظرًا لأن هذه المزارع تسقى بالمحاليل المغذية المخففة مباشرةً ، لذا فإنها لا تحتاج إلى أجهزة لخلط المحاليل السمادية المركزة بالماء ، ولكن تلزم لها خزانات كبيرة لحفظ المحاليل المغذية المستعملة فى الرى .

وعلى الرغم من توفر نماذج عديدةٍ لمختلف أنواع المزارع اللاأرضية فى كثيرٍ من دول العالم ، إلا أن غالبيتها لا تعدو أن تكون وحداتٍ صغيرةً متناثرةً للإنتاج التجارى التجريبى المحدود أو لأغراض البحوث . أما الإنتاج التجارى الاقتصادى لمحاليل الخضر فى الزراعات اللاأرضية فإنه لا يعرف ـ حاليًا ـ سوى فى عددٍ محدودٍ من دول العالم ؛ منها دول أوروبا الغربية واليابان . وحتى هولندا ـ التى تعد من أهم دول العالم التى تنتشر فيها الزراعات اللاأرضية ـ فإن جملة المساحة المزروعة فيها بهذه الطريقة تزيد قليلاً على ٣٠٠٠ هكتار (عن Welleman ١٩٩٣) .

مميزات وعيوب المزارع اللاأرضية

لا يعد الإنتاج الزراعى فى المزارع اللاأرضيةِ أمرا اقتصاديا أو منطقيا فى منطقةٍ ما إلاّ فى غياب الأرض الصالحة للزراعة ، أو إذا كانت التربة ملوثةً بآفاتٍ خطيرةٍ لايمكن مكافحتها . والسبب فى ذلك أن التكلفة الإنشائية للمزارع اللاأرضية مرتفعة كثيرًا ، إلاّ أن ذلك يجب أن يقارن بتكلفة استصلاح الأراضى ؛ نظرًا لأن إقامة مزرعة لاأرضية يعنى استغلال أرضٍ غير مستصلحةٍ فى الإنتاج الزراعى .

المميزات

تحقق المزارع اللاأرضية المزايا التالية :

١ ـ إمكانية الإنتاج الزراعى فى مناطق تستحيل فيها الزراعة بالطرق الأخرى .

٢ ـ تتقارب الإنتاجية فى المزارع اللاأرضية مع الزراعات المحمية العادية (فى أرض الصوبة) ، ولكنها تتفوق على إنتاجية الزراعات المكشوفة ، وتتبقى بعد ذلك الميزة الإضافية للمزراع اللاأرضية ، ألا وهى أنها تكون مقامةً على أرضٍ لا تصلح للزراعة .

ونظرًا للتكلفة المرتفعة لتشغيل المزارع اللاأرضية ؛ لذا تلزم مقارنة الإنتاج اليومى من وحدة المساحة ؛ حتى يمكن تحديد أكثر الخضر صلاحيةً للزراعة من الوجهة الاقتصادية . ويبين جدول (٥ ـ ١) نتائج دراسةٍ كهذه أُجريت فى مزرعةٍ رمليةٍ بجزيرة السعديات فى أبو ظبى (Fontes ١٩٧٣) . ويتضح من الجدول أن متوسط الإنتاج اليومى من الطماطم كان ٢,٩ طن للأيكر (الأيكر = ٠,٩٦٣ فدان) ، بينما بلغت مدة شغل الطماطم للأرض (بخلاف المشتل) ١٣٠ يومًا ، ويعنى ذلك أن محصول الطماطم بلغ ٣٧٧ طنا للأيكر . وبالمقارنة . . فقد بلغ محصول الخيار ٥٥٦ طنا للأيكر . وتلك أرقام قياسية ليست هى القاعدة . وقد أرجعت إلى توفر الظروف المثالية للإنتاج . هذا . . وقد كان إنتاج جميع المحاصيل المذكورة فى الجدول اقتصاديا تحت ظروف الدراسة ، على الرغم من أن بعضها ـ كاللفت ـ لا يعد من محاصيل الزراعات اللاأرضية .

ويذكر Gerladson (١٩٨٢) أن إنتاج الطماطم فى المزارع المائية ـ فى فلوريدا ـ وصل إلى ٢٠٠ طن للهكتار خلال فترة نمو المحصول التى تستمر بين ٩ شهور و١٠ شهور .

٣ ـ تتوفر فى المزارع اللاأرضية كافة العناصر الضرورية اللازمة للنمو النباتى وبالتركيزات المناسبة ؛ فلا توجد مشاكل خاصة بنقص العناصر الغذائية .

جدول (٥ ـ ١) : مقارنة معدل الإنتاج اليومى ومدة النمو لعددٍ من الخضروات فى مزرعةٍ رمليةٍ بجزيرة السعديات فى أبو ظبى (عن Fontes ١٩٧٣) .

الخضر	الإنتاج (طن / أيكر / يوم)	مدة النمو باليوم (خلاف المشتل)
الكرنب	٣,٣	٥١
الخيار	٦,٧	٨٣
الباذنجان	٣,١	١٨١
الخس	٣,٦	٣٨
البامية	١,٠	١٤٢
الطماطم	٢,٩	١٣٠
اللفت	٥,٧	٦٥

٤ ـ كذلك لا توجد مشاكل تثبيت العناصر فى التربة كما يحدث فى الظروف الطبيعية .

٥ ـ تعتبر المزارع اللاأرضية غير مناسبةٍ لنمو الكائنات الممرضة التى تعيش فى التربة ، وتكثر عند الزراعة فى أرض الصوبات مباشرة .

٦ ـ يمكن أن تتوفر التهوية فى المزارع اللاأرضية بصورةٍ أفضل مما فى الزراعات العادية .

٧ ـ لا توجد مشاكل حشائش أو تجهيز الأرض وغيرها من العمليات التى يلزم إجراؤها عند الزراعة فى التربة .

٨ ـ لا توجد مشاكل تتعلق بطبيعة التربة أو قوامها ، أو عدم تجانسها .

٩ ـ التبكير فى النضج بصورةٍ ملحوظةٍ عند الزراعة فى المزارع اللاأرضية .

١٠ ـ يؤدى التحكم الآلى فى المزارع اللاأرضية إلى تجنب مشاكل اتخاذ القرارات الخاصة بكميات الأسمدة ومواعيد التسميد والرى وغيرها تحت ظروف الزراعة العادية .

العيوب

يعيب المزارع اللاأرضية ما يلى :

١ ـ ضرورة توفير كافة مستلزمات النمو والتفكير فيها ، دون الاعتماد على الطبيعة الأم ؛ كما هى الحال فى الزراعات الحقلية .

٢- يتغير الـ pH فى المزارع اللاأرضية المغلقة بسرعةٍ أكبر بكثيرٍ مما فى الزراعات العادية .

٣ ـ يؤدى أى خللٍ فى النظام إلى عواقب وخيمةٍ .. فكل شىء يجرى بصورةٍ آليةٍ ، ويجب أن يتم فى موعده دون تأخير .

٤ ـ لا توجد بالمزارع اللاأرضية أية كائناتٍ دقيقةٍ مضادةٍ ومنافسةٍ للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض مثلما يوجد فى التربة تحت الظروف الطبيعية .

٥ ـ يمكن أن تتلوث المزارع اللاأرضية المغلقة ـ بسهولةٍ ـ بالكائنات المسببة للأمراض ، على الرغم من أنها تكون خالية منها فى البداية .

٦ ـ زيادة تكاليف الإِنتاج بهذه الطريقة (Johnson ١٩٧٩) .

المزارع الرملية

تعتبر المزارع الرملية Sand Culture أكثر المزارع الأرضية شيوعًا ، وهى من النظم المفتوحة التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرةٍ واحدةٍ . وفيها تنمو النباتات فى الرمل الخالص ، وتسقى بماء يحقن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة Stock Solutions للعناصر المغذية ، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط . وستقتصر مناقشتنا فى هذا الجزء على المزارع الرملية التجارية ، أما تلك المستخدمة فى دراسات تغذية النبات ، فإنه يمكن الاطلاع على التفاصيل الخاصة بها فى Hewitt (١٩٦٦).

والمزارع الرملية المثالية هى التى يكون توزيع حجم حبيبات الرمل فيها كما هو مُبين فى جدول (٥ ـ ٢) ، ويساعد ذلك التوزيع على تحسين النفاذية والتهوية، مع الاحتفاظ بالقدر المناسب من الرطوبة فى بيئة نمو الجذور . وعمومًا . . فإن الرمال المستعملة يجب أن تغسل جيدًا من السلت والطين .

جدول (٥ ـ ٢) : التوزيع المثالى لحجم حبيبات الرمل فى المزارع الرملية .

حجم حبة الرمل (بالمليمتر)	التوزيع (٪)
أكثر من ٤,٧٦٠	١
٤,٧٦٠ - ٢,٣٨٠	١٠
٢,٣٨٠ - ١,١٩٠	٢٦
١,١٩٠ - ٠,٥٩٠	٢٠
٠,٥٩٠- ٠,٢٢٧	٢٥
٠,٢٧٧ -٠,١٤٩	١٥
٠,١٤٩ - ٠,٠٧٤	٢
أقل من ٠,٠٧٤	١

إقامة المزارع الرملية

تقام المزارع الرملية بإحدى الطرق الآتية :

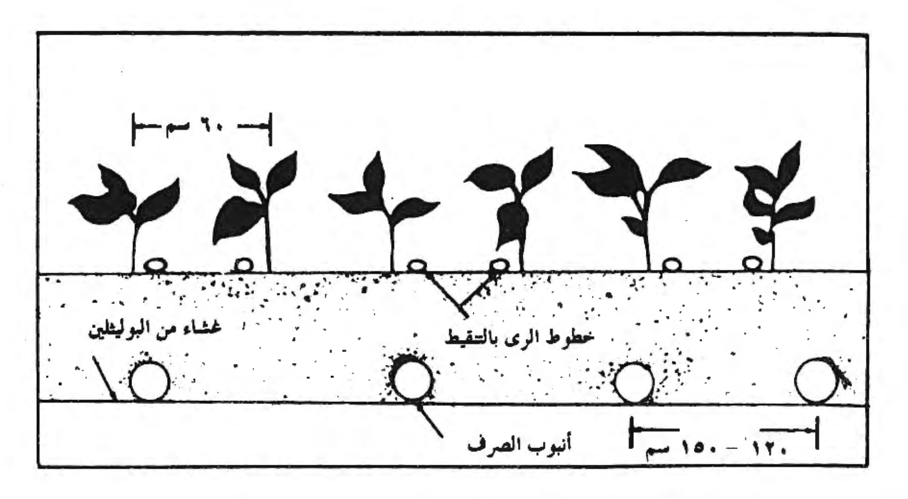
١ ـ بالزراعة مباشرةً في رمال الشواطىء بعد غسلها جيدًا بالماء كما كانت عليه الحال في المزارع الرملية بجزيرة السعديات في « أبو ظبي » (Fontes ١٩٧٣) . ولا تختلف الزراعة في هذا النوع من المزارع كثيرًا عن الزراعة في البيوت المحمية العادية .

٢ ـ بالزراعة على سطح أرض البيت بعد فرشه بالبلاستيك ، ثم بالرمل المستخدم كبيئةٍ للزراعة . وفي هذه الطريقة تحضر الأرض أولاً بالتسوية الجيدة ، مع ميل يبلغ ١٥ سم لكل ٣٠ مترًا ؛ للمساعدة على تحسين الصرف وغسل المزرعة إذا دعت الضرورة لذلك . تفرش الأرضِ بعد ذلك بشرائح بوليثيلين سوداء بسمك ١٥٠ ميكرونًا ، مع جعل الشرائح المتجاورة متداخلةٍ لمسافة مترٍ تقريبًا . توضع بعد ذلك أنابيت للصرف بقطر $1\frac{1}{4}$ ـ ٢ بوصة على سطح البلاستيك في خطوطٍ ، على أن يترك بين كل أنبوبةٍ وأخرى مسافة موحدة (١٢٠ ـ ١٥٠ سم) ، ويتوقف ذلك على طبيعة الرمل المستخدم في المزرعة . ويجب أن تكون خطوط الأنابيب مع اتجاه ميل الأرض . وتوصل هذه الأنابيب في الجانب ذي المستوى المنخفض من البيت بأنبوب صرفٍ رئيسيّ .

وقد تصمم المزرعة بحيث يكون انحدارها من الجانبين نحو الوسط ؛ حيث يوضع أنبوب رئيسى للصرف يكون متصلاً بأنابيب فرعيةٍ متعامدةٍ عليه من الجانبين المائلين ، مع جعل أرضية البيت كلها مائلةً من أحد جانبي أنبوب الصرف الرئيسى نحو الجانب الآخر لتسهيل حركة ماء الصرف .

هذا . . وتحتوى أنابيب الصرف على ثقوبٍ من جانبها السفلى تسمح بدخول الماء الزائد إليها . ويفيد هذا الوضع السفلى للثقوب في تقليل فرصة نمو جذور النباتات خلالها . ويجب أن تكون أطراف أنابيب الصرف بارزة فوق سطح التربة من بداياتها (من عند الأطراف التى توجد في مستوى مرتفعٍ من المزرعة) حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة .

تلى ذلك تغطية المساحة كاملة بالرمل لعمق ٣٠ سم ، مع مراعاة أن يكون سطح الرمل منحدراً بانحدار سطح البيت نفسه، المغطى بالبلاستيك . ويلاحظ أن نقص عمق طبقة الرمل عن ٣٠ سم فى بعض المناطق يجعل من الصعب الاحتفاظ بمستوى واحدٍ من الرطوبة فى كل أرجاء المزرعة ، كما تزيد فرصة نمو جذور النباتات داخل أنابيب الصرف (شكل ٥ ـ ١) .

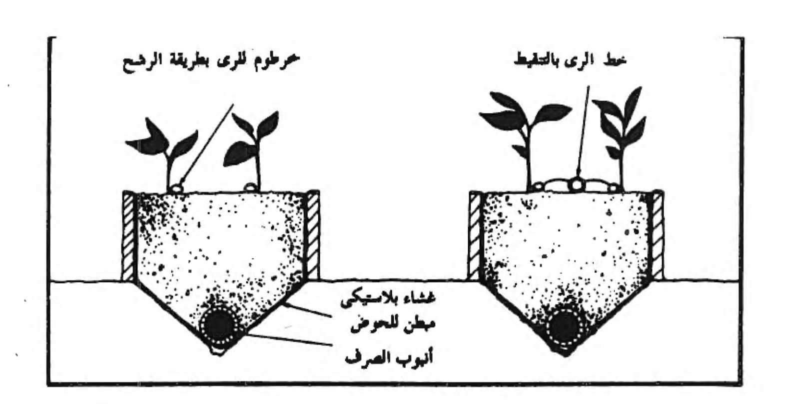


شكل (٥ ـ ١) : مزرعة رملية مقامة على أرض الصوبة بعد فرشها بالبلاستيك ، ثم الرمل الذى يستخدم كبيئة للزراعة .

وتروى النباتات فى هذا النوع من المزارع بطريقة التنقيط ٤ مراتٍ يوميا لمدة ٥ ـ ٨ دقائق فى كل مرةٍ ، مع حقن ماء الرى بالمحاليل المغذية كما سبق الذكر . هذا . . ولا يعاد استخدام ماء الصرف فى هذا النظام وإن كان من الممكن جمعه وتخزينه لحين استعماله فى الزراعات المكشوفة .

٣ ـ بالزراعة فى أحواضٍ خاصةٍ تصمم على سطح التربة مباشرة (شكل ٥ ـ ٢) ، أو على مناضد خاصة . وتُبطن هذه الأحواض بالبوليثيلين الأسود ، كما فى الطريقة السابقة . ويكون قاع الحوض مائلاً بمقدار ١٥ سم لكل ٦٠ متراً ، ويوضع أنبوب للصرف فى القاع بامتداد طول الحوض . وتتصل أنابيب الصرف الخاصة بالأحواض المختلفة بأنبوب صرفٍ رئيسيٍّ يسمح بتجميع الماء الزائد . وتكون الأحواض بعرض

٦٠ ـ ٧٥ سم ، وبعمق ٣٠ ـ ٤٠ سم . وقد يكون القاع مستويًا ، أو مستديرًا ، أو على شكل حرف V ، مع وضع أنبوب الصرف فى الوسط .



شكل (٥ ـ ٢) : مزرعة رملية فى أحواض خاصة على شكل حرف V ، ومقامة على سطح الأرض مباشرة .

خدمة المزارع الرملية

فى جميع أنواع المزارع الرملية تعطى النباتات فى كل ريةٍ محلولاً مغذيا بالقدر الذى يكفى لتسرب ٨٪ ـ ١٠ ٪ فقط من كمية المحلول المضافة ؛ وبذلك نضمن غسل الأملاح المتجمعة أولاً بأول ، دون الإسراف فى استعمال المحاليل المغذية . ويجب فحص ماء الصرف مرتين أسبوعيا لمعرفة تركيز الأملاح به، فإذا زادت على ٢٠٠٠ جزء فى المليون ، وجب غسل المزرعة كلها بالماء إن كانت الأملاح الزائدة أساسها الصوديوم، فإن لم تكن كذلك فإنه يكفى الرى بالماء العادى لعدة أيامٍ إلى أن تقوم النباتات نفسها بامتصاص الأملاح وخفض تركيزها فى المزرعة .

ويجب كذلك فحص جهاز حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى مرتين أسبوعيا ؛ للتأكد من دقة عمله . كما يجب فحص تركيز الأملاح الذائبة فى الماء المستخدم فى الرى بعد حقنها بالمحاليل السمادية المركزة .

وعلى الرغم أن حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى تعد أفضل طريقةٍ لإيصال المحلول المغذى إلى النباتات فى هذا النوع من المزارع ، إلاّ أنه لا يوجد ما

يمنع من تخزين محلولٍ مغذٍّ مخففٍ ليستعمل فى الرى مباشرة . وفى هذه الحالة يجب أن تكون الخزانات بسعةٍ تكفى احتياجات جميع النباتات لمدة أسبوعٍ واحدٍ على الأقل . وإذا وجد أكثر من محصول واحدٍ مزروع فى البيت نفسه، وكل منها ذو احتياجاتٍ سماديةٍ خاصةٍ به ، لزم أن يكون لكل منها محلوله المغذى الخاص ، ونظامه المستقل للرى ، بما فى ذلك خزانات المحاليل المغذية ، لكن لا يكون من السهل فى هذه الحالة تغيير تركيز العناصر فى ماء الرى حسب متطلبات النمو النباتى والعوامل الجوية ، بينما يمكن تحقيق ذلك بسهولةٍ عند اتباع نظام الحقن .

هذا . . ولا توجد معاملات خاصة بالمحاليل المغذية بعد تحضيرها سوى تقدير الـ pH كل فترةٍ إن كان الماء المستخدم فى تحضير هذه المحاليل قلويا بدرجةٍ عاليةٍ . كما يلزم تنظيف خزانات المحاليل السمادية من المواد العالقة والمترسبة كل فترةٍ ، خاصة قبل إعادة تحضيرها من جديد ، وفى حالة احتواء الرمل على نسبةٍ عاليةٍ من الجير، وجب إعطاء عنايةٍ خاصةٍ للعناصر التى يمكن أن تثبت تحت هذه الظروف ؛ مثل : الحديد ، والفوسفور وغيرهما .

وتعقم المزارع الرملية بطرق التعقيم العادية بالمركبات الكيميائية ، مثل : بروميد الميثايل ، والفابام . والأخير يمكن المعاملة به من خلال نظام الرى ، لكن كليهما لا يفيد فى التخلص من فيروس تبرقش الدخان وتبرقش الخيار إن وجدا فى البيئة الرملية ؛ حيث يلزم التخلص منهما بالتعقيم بالبخار .

مميزات وعيوب المزارع الرملية

المميزات

١ ـ تعتبر المزارع الرملية من النظم المفتوحة التى لا يُعاد فيها استخدام المحلول المغذى ؛ ولذا . . تقل فيها احتمالات انتشار أمراض الذبول وأعفان الجذور التى تحدث فيها الإصابة من خلال الجذور .

٢ ـ تقل فيها احتمالات انسداد أنابيب الصرف بالنمو الجذرى ؛ لأن البيئة الرملية تشجع على الانتشار الأفقى للجذور .

٣ ـ تتوفر تهوية جيدة للجذور عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط مع الاختيار الدقيق للرمال المستخدمة فى المزرعة .

٤ ـ تساعد حبيبات الرمل الدقيقة على انتشار المحلول المغذى أفقيا ليصل إلى كل المجموع الجذرى للنبات .

٥ ـ لا توجد أية احتمالاتٍ للتغذية بمحلولٍ سماديٍّ غير متوازن ؛ لأن كل نباتٍ يصل إليه محلول سمادى جديد بصورةٍ دائمة .

٦ ـ تقل فيها التكلفة الإنشائية عما فى أنواع المزارع اللاأرضية الأخرى .

٧ ـ تكون إدارة وصيانة المزرعة الرملية أسهل مما فى أنواع المزارع اللاأرضية الأخرى .

٨ ـ يكون الرى على فترات أكثر تباعدًا مما فى مزارع الحصى ؛ بحيث يمكن إصلاح أية مشاكل طارئةٍ فى نظام ضخ المياه قبل أن تعانى النباتات نقص الرطوبة الأرضية .

العيوب

١ ـ تستهلك المزارع الرملية كمياتٍ من مياه الرى والأسمدة أكبر من استهلاك مزارع الحصى .

٢ ـ قد تتراكم الأملاح فى المزارع الرملية . وتعالج هذه الحالة بغسيل المزرعة دوريا بالماء العذب .

٣ ـ يؤدى استعمال رمالٍ جيريةٍ إلى حدوث ارتفاعٍ مستمرٍ فى pH المحلول المغذى ، مع تعرض الحديد والعناصر الدقيقة الأخرى للتثبيت .

٤ ـ ضرورة تعقيم المزرعة بالتبخير أو بالبخار بين الزراعات المتتالية ، ولا يكفى التطهير بهيبوكلوريد الصوديوم (الكلوراكس التجارى) مثلما يحدث فى مزارع الحصى .

مزارع الحصى

إقامة وخدمة مزارع الحصى

تعتبر مزارع الحصى Gravel Culture ثانى أكثر المزارع المائية انتشارًا ؛ وهى من النظم المغلقة Closed Systems التى تستعاد فيها المحاليل المغذية ، ويعاد استعمالها عدة مرات . وتتكون بيئة نمو الجذور فى هذه المزارع من حصى صغيرٍ يكون أغلبه بحجم حبة البسلة .

وأفضل أنواع الحصى لهذه المزارع هو الجرانيت المجروش فى صورة حبيباتٍ صغيرةٍ غير منتظمةٍ تتراوح فى قطرها بين ١,٦ مم و ١٨ مم ، على أن يكون أكثر من نصف الحصى المستعمل بقطر ١٢ مم تقريبًا ، وأن يكون من نوعيةٍ صلبةٍ لا تتفتت مع الاستعمال .

وتصمم مزارع الحصى بحيث تسقى النباتات فيها إما بطريقة الرى تحت السطحى ، وإما بطريقة التنقيط ، لكن غالبية المزارع يتبع فيها النظام الأول ؛ حيث يضخ المحلول المغذى من أسفل حتى يصل مستواه إلى نحو ٢,٥ سم من سطح المزرعة ، ثم يسمح له بالصرف ثانيةً إلى خزان المحلول ليعاد ضخه من جديدٍ بعد فترةٍ . . . وهكذا يستمر استعمال المحلول نفسه لمدة تتراوح بين أسبوعين وستة أسابيع ، ثم يتم التخلص منه ، ويحضر محلول جديد .

وأنسب المحاليل المغذية للاستعمال فى مزارع الحصى هى التى يبلغ فيها تركيز العناصر ـ بالجزء فى المليون ـ كما يلى :

النيتروجين	١٥٠	البورون	٠,٠٠٨
الفوسفور	٥٠	الحديد	١,٢
البوتاسيوم	١٨٥	المنجنيز	٠,٥
الكالسيوم	١١٠	الزنك	٠,١
المغنيسيوم	٨٠	النحاس	٠,٠٣
الكبريت	١١٠	الموليبدنم	٠,٠٠١

وتؤثر الفترة بين الريات تأثيرًا كبيرًا على إمداد النباتات بحاجتها من الماء والعناصر الغذائية والأكسجين اللازم لتنفس الجذور . وتتأثر الفترة المناسبة ـ بدورها ـ بعددٍ من العوامل ؛ هى :

١ ـ حجم الحبيبات .

٢ ـ مسطح الحبيبات .

٣ ـ المحصول المزروع .

٤ ـ مقدار النمو النباتى .

٥ ـ العوامل الجوية .

٦ ـ الوقت من اليوم .

فالحبيبات المنتظمة الشكل الكبيرة تحتاج إلى تكرار الرى على فتراتٍ متقاربةٍ ، عما إذا كانت الحبيبات غير منتظمة الشكل ، وصغيرة ، وذات مسطحٍ كبير . وتحتاج النباتات الطويلة (التى تنمو رأسيا كالطماطم والخيار) إلى الرى على فتراتٍ متقاربة ، عما فى حالة النباتات القصيرة (كالخس) لزيادة المسطح الورقى فيها ، بالمقارنة بالنباتات القصيرة النمو ، كما تتقارب الريات فى الجو الحار وفى وسط النهار ؛ حيث ترتفع درجة الحرارة، وتزداد شدة الإضاءة .

هذا . . ويتراوح عدد مرات الرى لمعظم مزارع الحصى من ٣ ـ ٤ مرات يوميا خلال فصل الشتاء ـ حينما يكون الجو ملبدًا بالغيوم ـ إلى كل ساعة على الأكثر نهارًا فى الجو الحار أثناء الصيف ، ولا حاجة إلى الرى ليلاً . ونظرًا لأن النباتات تمتص الماء بسرعة أكبر مما تمتص العناصر المغذية ؛ لذا فإننا نجد أن تركيز الأملاح يزداد تدريجيا فى الغشاء المائى المحيط بحبات الحصى بعد كل رية . وتزداد سرعة تركيز الأملاح مع زيادة معدل النتح ، لكن الرية التالية تخفض تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بحبات الحصى إلى المستوى الموجود فى المحلول المغذى . ومن الضرورى التحكم فى الفترة بين الريات ؛ بحيث لا يزداد تركيز الأملاح بهذا

الغشاء إلى الحد الذى يضر بالنباتات ، أو يؤدى إلى استنزاف العناصر المغذية منه ؛ وهو الأمر الذى قد يحدث عند تأخير الرى كثيراً فى الجو الملبد بالغيوم ، خاصة عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع .

وعلى الرغم من أن الرى يعيد تركيز الأملاح فى الغشاء المحيط بالحصى إلى ما هى عليه الحال فى المحلول المغذى ، إلاّ أن تكرار الرى بالمحلول نفسه يؤدى حتمًا إلى تغيراتٍ فى تركيبه ، بما فى ذلك تركيز الأملاح ، ونسبة العناصر لبعضها البعض ، والـ pH، ولهذا تحتاج المحاليل المغذية إلى عمليات خدمةٍ خاصةٍ ؛ وذلك للمحافظة عليها قريبة من الصورة التى كانت عليها بعد تحضيرها مباشرة .

هذا . . وتؤثر سرعة ضخ المحلول المغذى فى بيئة الحصى وانصرافه منها على توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور والنمو الطبيعى للنباتات . فنجد عند ضخ المحلول المغذى من أسفل أنه يدفع أمامه الهواء الموجود فى المسافات البينية، وهو يحتوى على نسبةٍ أقل من الأكسجين ، ونسبةٍ من ثانى أكسيد الكربون أعلى مما يوجد فى الهواء الجوى . وعندما ينصرف المحلول المغذى ، فإن الهواء الجوى الغنى بالأكسجين يحل محله تدريجيا ؛ وبذلك تتحقق التهوية اللازمة لتنفس الجذور . وكلما ازدادت سرعة تحرك المحلول المغذى فى البيئة ، ازدادت سرعة التهوية ، لكن تقصير المدة بين الريات كثيراً قد يؤدى إلى قلة التهوية ؛ نظراً لأن المسافات البينية الصغيرة تكون ما زالت ممتلئةً بالمحلول المغذى قبل الرية التالية ؛ وبذلك لا يتجدد الهواء فى البيئة .

ويكفى عادة ٢٠ - ٣٠ دقيقة لضخ المحلول المغذى ، وصرف الزائد منه بالكامل ؛ بحيث لا يتبقى منه سوى غشاءٍ رقيقٍ يحيط بالحصى حتى الرية التالية . ويمكن تحقيق ذلك بوضع أنابيب صرفٍ كبيرةٍ فى قاع مزرعة الحصى .

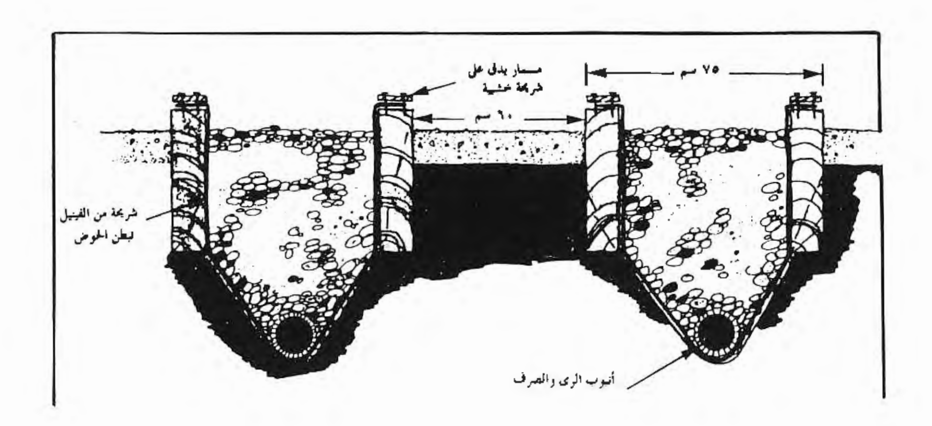
وقد سبق أن ذكرنا أن المحلول المغذى يجب أن يصل مستواه إلى أسفل سطح مزرعة الحصى بنحو ٢,٥ سم . ويفيد ذلك فى بقاء سطح المزرعة جافا ، فلا تنمو

عليه الطحالب ، كما يقل فقد الماء بالتبخر ، ويساعد على خفض الرطوبة النسبية عند قاعدة النبات ، ويمنع نمو الجذور فى الطبقة السطحية من الحصى . وترجع أهمية ذلك إلى أن الحصى قد ترتفع درجة حرارته كثيرًا فى الجو الحار ؛ مما يضر بالجذور . ويمكن التحكم فى المستوى الذى يصل إليه المحلول المغذى فى بيئة الزراعة بوضع أنابيب لصرف المحلول الزائد عند المستوى المرغوب .

ويجب ألا تقل درجة حرارة المحلول المغذى أبدًا عن درجة حرارة الهواء المحيط بالنبات ؛ لأن الحرارة الشديدة الانخفاض قد تؤدى إلى ذبول النباتات . ويفضل تخزين الماء اللازم لتجديد المحاليل المغذية منذ الصباح حتى ترتفع درجة حرارته أثناء النهار . وإذا لزم الأمر تدفئته صناعيا ، فإنه يمكن إجراء ذلك بسهولة بالطرق الكهربائية ، على ألا يكون بملفات التسخين أية طبقاتٍ من الرصاص أو الزنك ؛ لأنها قد تسبب تسمم النباتات بهذه العناصر . ويفضل أن تكون الملفات من الصلب الذى لا يصدأ ، أو أن تكون مغلفةً بالبلاستيك .

تصمم أحواض الزراعة على شكل حرف V (شكل ٥ ـ ٣) ، وتصنع من الخشب المبطن بالبلاستيك ، أو من الأسمنت المسلح ؛ لأن جميع الأجزاء المعدنية تتآكل بسرعةٍ نتيجة لوجود الأملاح السمادية فى المحاليل المغذية ، كما أن الأجزاء المعدنية المجلفنة والمغطاة بالنحاس يمكن أن تؤدى إلى تسمم النباتات من جراء إحداثها لزيادةٍ كبيرةٍ غير مرغوبةٍ فى تركيز عنصرى الزنك والنحاس ، وهما عنصران لا يحتاج إليهما النبات إلاّ بتركيزاتٍ منخفضةٍ للغاية ، ولهذا يفضل أن تكون جميع المواد المستخدمة فى صنع هذه المزارع من البلاستيك ، بما فى ذلك أنابيب ضخ وصرف المحاليل المغذية التى تصنع من البولى فينايل كلورايد (PVC) ، وتكون بقطر ٣ بوصات ، وتوضع فى قاع الحوض .

هذا وتكون الأحواض بعرضٍ لا يقل عن ٦٠ سم ، وبعمق ٣٠ ـ ٣٥سم ، وبطول لا يزيد على ٣٦ ـ ٤٠ مترًا ، وبميل قدره ٢,٥ ـ ٥ سم كل ٣٠ مترًا .



شكل (٥ ـ ٣) : مزرعة حصى تروى بطريقة الرى تحت السطحى .

ويبين شكل (٥ ـ ٤ ، يوجد فى آخر الكتاب) نمو الطماطم فى إحدى مزارع الحصى بالعين ـ الإمارات العربية المتحدة .

ويتم إدخال المحلول المغذى من الأنابيب إلى البيئة ، ثم يصرف منها إلى الأنابيب ثانية من خلالها ثقوبٍ صغيرةٍ يتراوح قطرها بين ٦ مم و ١٢ مم فى الثلث السفلى من الأنابيب ، وتوزع هذه الثقوب كل ٣٠ ـ ٦٠ سم على امتداد الأنابيب .

وقد تكون الأحواض محفورةً فى الأرض (الرملية عادة) ، وقد تقام على مناضد مرتفعةٍ عن سطح الأرض . وفى كلتا الحالتين تبطن الأحواض (بعد إقامتها حسب التصميم والميل المناسبين) بشرائح الفينايل سمك نصف ملليمتر (٥٠٠ ميكرون) ، ثم توضع أنبوبة الـ PVC فى مكانها بالقاع ، على أن تكون ثقوبها لأسفل ، حتى لا تنمو فيها جذور النباتات بسهولة . أما بطانة الفينايل ، فإنها تثبت فى حافة جانبى الحوض من أعلى بمسامير .

تملأ الأحواض حتى مستوى يقل عن حافتها بمقدار ٢,٥ سم من جانب خزان المحلول المغذى ، وبمقدار ٥ سم من الجانب الآخر . ويؤدى ذلك إلى جعل مستوى

المحلول المغذى على بعد ٢,٥ سم من قمة الحصى بامتداد حوض الزراعة ؛ لأن قاع الحوض يكون منحدرًا ، بينما يكون مستوى المحلول المغذى أفقيا ؛ وبذلك يمكن المحافظة على مستوى واحدٍ للرى والرطوبة الأرضية بامتداد الحوض .

ويجب أن تبرز أنابيب الرى والصرف أعلى مستوى المزرعة من جانب الأحواض القريب من خزان المحلول المغذى ؛ حتى يمكن تنظيفها كلما دعت الضرورة . ويجرى ذلك مرةً واحدةً سنويا بطريقةٍ آليةٍ يستعمل فيها جهاز يُدير فرشًا خاصة داخل الأنابيب .

ومن الضرورى أن يكون الخزان المستعمل فى حفظ المحلول المغذى كبيرا بدرجةٍ تتسع لضعف كمية المحلول اللازمة لملء أحواض الزراعة ؛ حتى يتوفر الأمان الكافى بالنسبة للرى والتغذية . كما يجب أن تكون طلمبة ضخ المحلول قادرةً على ملء المراقد حتى المستوى المطلوب خلال ١٠ ـ ١٥ دقيقةً ، وأن تكون أنابيب الصرف قادرةً على تصريف كل المحلول الزائد خلال ١٠ ـ ١٥ دقيقةً أخرى . ويفضل أن تخصص مضخة للمحلول المغذى لكل ٣٥٠ ـ ٣٧٥ مترًا مربعًا من المزرعة .

أما عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط ، فإن المنقطات توضع بالقرب من قاعدة النبات ، وينصرف المحلول الزائد من أسفل من أنابيب الـ PVC . ولا يختلف تصميم هذا النظام عن سابقه ، إلاّ أن حبيبات الحصى يجب أن تكون أصغر حجمًا (بقطر يتراوح بين ٣ مم و ٦ مم) ؛ لتسمح بالحركة الأفقية للمحلول المغذى . وتتميز طريقة الرى بالتنقيط بأن أنابيب الرى لا تنسد بنمو الجذور فيها ، كما أن التهوية تكون أفضل مما فى طريقة الرى تحت السطحى . ويعيبها قلة الحركة الأفقية للماء فى منطقة نمو الجذور بسبب كبر المسافات بين حبيبات الحصى ؛ مما يؤدى إلى كثرة النمو الجذرى فى القاع ؛ حيث تتوفر الرطوبة ؛ وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد ثقوب أنابيب الصرف بنمو الجذور فيها .

وتعقم مزارع الحصى بين الزراعات المتتالية بمحلول مركزٍ نسبيا من هيبوكلوريد الصوديوم ، أو حامض الأيدروكلوريك يتراوح تركيز الكلور فيه بين ١٠٠٠٠ و٢٠٠٠٠ جزء فى المليون . وتغسل المراقد والخزانات عدة مراتٍ بالمحلول كل منها

لمدة ٢٠ دقيقة ، ثم تصفى وتغسل جيدًا بالماء عدة مرات ، وتترك بعد ذلك مهواةً لمدة يومٍ أو يومين قبل استعمالها فى الزراعة مرةً أخرى . ومع تراكم الجذور النباتية فى الحصى سنةً بعد أخرى لا يصبح التعقيم بهيبوكلوريد الصوديوم مجديًا ، ويلزم حينئذٍ التعقيم ببروميد الميثايل أو بالفابام .

وفى حالة رش النباتات أو تعفيرها أو تبخيرها بأية مادة لمدةٍ طويلة ، فإنه يجب الإسراع بغسل المزرعة جيدًا بالماء بعد المعاملة مع صرف الماء المستعمل فى الغسيل ؛ حتى يتم التخلص من أية مادةٍ قد تضر بجذور النباتات .

عمليات خدمة المحاليل المغذية فى مزارع الحصى

تستعمل المحاليل فى مزارع الحصى (كما فى جميع النظم المقفلة Closed Systems) عدة مراتٍ ولمدةٍ طويلةٍ ؛ مما يؤدى إلى إحداث تغيراتٍ كبيرة فى التركيز الكلى للعناصر بها ، وفى التركيز النسبى لكل عنصرٍ والـ pH . وتتوقف سرعة حدوث هذه التغيرات على العوامل التى تؤثر على سرعة النتح ، وسرعة امتصاص العناصر ؛ وهى :

١ ـ العوامل الجوية من حرارة ، وضوء ، ورطوبة نسبية .

٢ ـ المحصول المزروع .

٣ ـ مرحلة النمو النباتى .

ونظرًا لأن امتصاص النباتات للماء يكون أسرع من امتصاصها للعناصر ، فإن التركيز العام للعناصر بالمحلول المغذى يزداد مع استمرار استعماله فى الرى . ولهذه الأسباب . . . فإن المحاليل المغذية فى النظم المقفلة تخضع لعمليات خدمةٍ خاصةٍ كما يلى :

تعديل تركيز العناصر فى المحلول المغذى وتجديده على فترات

تجدد المحاليل المغذية على فتراتٍ كالتالى :

١ ـ أسبوعيا عند استعمالها فى تغذية النباتات القوية النمو وهى فى مرحلة الإثمار، خاصة تحت الظروف الجوية المناسبة للنمو .

٢ ـ كل ٢ ـ ٣ أسابيع عند استعمالها فى الظروف الجوية العادية ، وفى مراحل النمو الأخرى .

٣ ـ كل ٢ ـ ٣ أشهر كحدٍّ أقصى عند استعمالها فى الحالات التى تتخذ فيها إجراءات خاصة كالتالى :

أ ـ تحليل المحلول المغذى للتعرف على العناصر التى يتناقص تركيزها ، وتلك التى يتزايد تركيزها النسبى فى المحلول المغذى .

ب ـ إضافة الأسمدة التى تعوض العناصر التى تستنفد بسرعةٍ من المحلول المغذى .

جـ ـ عند تحليل العناصر وتسجيل درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى يوميا أو كل ٢ ـ ٣ أيام لمراقبة تركيز العناصر التى يتزايد تركيزها النسبى ؛ نظرًا لعدم امتصاص النبات لها بمعدل امتصاصه نفسه للعناصر الأخرى ، مع عدم السماح بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٤ ملليموز / سم ، علمًا بأن المجال المناسب يتراوح بين ٢ ملليموز و ٤ ملليموز / سم . ويجدد المحلول عادةً كل شهرين مع تعديل تركيزه أسبوعيا بالتحليل المنتظم . وتقل الفترة عن ذلك إذا كان حصى المزرعة قد سبق استخدامه فى الزراعة من قبل .

المحافظة على حجم المحلول المغذى

يجب الإبقاء على كمية المحلول المغذى ثابتةً لمنع تركيز الأملاح به . ويتوقف مقدار الماء المضاف على كمية الماء التى تمتصها النباتات ، والتى تتراوح عادةً بين ٥ ٪ و ٣٠ ٪ من حجم المحلول المغذى يوميا .

ويمكن تعويض الماء الممتص بإحدى الطرق التالية :

١ ـ بإعادة المحلول المغذى إلى حجمه الأصلى يوميا .

٢ ـ بإعادة المحلول المغذى إلى أكثر من حجمه الأصلى أسبوعيا ؛ حيث يتناقص إلى أقل من حجمه الأصلى مع نهاية الأسبوع قبل إضافة الماء إليه من جديد .

٣ ـ بتزويد خزان المحلول المغذى بمصدرٍ للماء ذى صمام تتحكم فيه عوامة طافية تغلق الصمام عند وصول مستوى المحلول المغذى إلى المستوى المطلوب ، وهى أفضل طريقة .

وكإجراء وقائىّ للتغلب على مشكلة نقص حجم المحلول المغذى ، فإنه يفضل استعمال كمية كبيرة منه ؛ بتخصيص ما لا يقل عن ٧ لترات لكل نبات ، ويفضل زيادتها إلى ١٥ ـ ٢٠ لترًا ؛ حيث يمكن فى هذه الحالة إعادة استخدام المحلول المغذى عدة مرات بدون مشاكل .

المحافظة على pH المحلول المغذى فى المجال المناسب

تؤدى كثرة استعمال المحلول إلى تغيرات فى الـ pH ، نتيجة عدم امتصاص النباتات للعناصر بالقدر نفسه، كما تزداد هذه التغيرات عند المحافظة على حجم المحلول بإضافة ماء يحتوى على نسبة مرتفعة من الكالسيوم والبيكربونات ؛ لذلك فإنه يلزم اختبار pH المحلول المغذى أسبوعيا ؛ للوقوف على أى تغيير فيه ، مع تعديله إن لزم الأمر ليكون دائمًا فى المجال المناسب ، وهو ٦ ـ ٦,٥ . وأفضل وسيلة لتعديل الـ pH هى باستخدام الأحماض والقلويات (Johnson ١٩٧٩ ، Resh ١٩٨٥) .

مميزات وعيوب مزارع الحصى

المميزات

من أهم مميزات مزارع الحصى ما يلى :

١ ـ تجانس رى وتغذية النباتات .

٢ ـ يمكن أتمتة النظام بالكامل .

٣ ـ توفير تهوية جيدة للجذور .

٤ ـ تصلح لإنتاج عديد من المحاصيل .

٥ ـ تناسب المناطق التى لا تصلح أراضيها للزاعة .

٦ ـ كفاءة استخدام المياه والأسمدة ؛ لأن النظام مغلق .

العيوب

من أهم عيوب مزارع الحصى ما يلى :

١ ـ ارتفاع التكاليف الإنشائية .

٢ ـ تراكم الجذور فى الحصى مع تكرار الزراعة سنةً بعد أخرى ؛ وهو الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى انسداد الثقوب التى توجد بأنابيب الرى والصرف ، مع العلم بأن التخلص من هذه الجذور يعد أمرًا غايةً فى الصعوبة .

٣ ـ احتمال الانتشار السريع لبعض الآفات المرضية التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ، مثل : الفطريات المسببة للذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتيسيليم (Resh ١٩٨٥) .

مزارع بالات القش

إقامة مزارع بالات القش

تعتبر مزارع بالات القش Straw Bale Culture من النظم المفتوحة-Open Systems التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية .

وقد استخدمت مزارع بالات القش فى أوروبا وفى بعض البلدان العربية ـ كالعراق ـ لغرض إنتاج الخيار . ومن أهم عيوبها أن القش يكون سريع التحلل ؛ فلا يمكن استعماله إلاّ لموسمٍ زراعيٍّ واحدٍ ، لكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة جذور النباتات ، وزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الصوبة .

يكفى ـ عادة ـ من ١٠ إلى ١٥ طنا من بالات القش لكل ١٠٠٠ م٢ من البيوت المحمية .

تفرش أرضية البيت أولاً بشرائح البوليثيلين ، ثم توضع بالات قش القمح أو الشعير عليها ـ أو فى خندق ـ فى موضع خطوط الزراعة ، على أن يزيد عرض شرائح البوليثيلين عن عرض البالات المستعملة بمقدار ٣٠ سم من كل جانب ، ثم تشبع البالات جيدًا بالماء الدافىء الذى تتراوح حرارته بين ٥٠ْم و ٧٠ْ م ، ويلزم لذلك عادةً ٦٠ لتر ماءٍ يوميا لكل بالةٍ (زنة ٢٠ كجم) لمدة أربعة أيام . وبعد ذلك تضاف نترات الأمونيوم بمعدل ١٤٠ ـ ١٧٠ جم لكل بالة ، ثم تروى يوميا لعدة أيام . ويضاف فى كلٍّ من اليومين السابع والعاشر نحو ٨٥ جرامًا أخرى من نترات الأمونيوم ، كما تضاف أيضًا فى اليوم العاشر الكميات التالية من الأسمدة لكل ٢٠ كيلو جرامًا من القش :

٣٠٠ جم سوبر فوسفات أحادى

٣٠٠ جم نترات بوتاسيوم

٨٥ جم كبريتات مغنيسيوم

٥٥ جم كبريتات الحديدوز

ثم تروى النباتات يوميا إلى أن تصبح بالات القش جاهزةً للزراعة . ويجب عدم استخدامها فى الزراعة قبل أن تنخفض درجة حرارتها إلى ٢٨ْم ؛ لأنها قد تصل إلى ٦٠ْم وهى فى ذروة التحلل .

وتجرى الزراعة بوضع نباتات الخيار أو الطماطم فى حفرةٍ صغيرةٍ تعمل فى البالة وتتسع لصلية الجذور . وقد تضاف التربة لهذه الحفرة إن كانت الجذور بدون صلية حولها . وتروى النباتات بعد ذلك بطريقة التنقيط مع حقن الماء المستعمل فى الرى بالمحاليل الغذائية القياسية المركزة .

ويراعى فى هذا النظام عمل حسابِ النقص الذى يحدث فى ارتفاع البالة نتيجة التحلل بجعل الخيوط التى تربى عليها النباتات مرتخية قليلاً ؛ حتى لا يؤدى تحلل البالة ونقص ارتفاعها إلى نزع النباتات من جذورها خارج القش . كما يراعى أن الاحتياجات المائية تكون أكبر ؛ نتيجة لزيادة مسطح التبخر من بالات القش (عن Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

وقد تروى مزارع القش بطريقة الرذاذ (المست) مع إضافة الأسمدة الصلبة إلى سطح البالات لتذوب تدريجيًا فى ماء الرى . وفى هذه الحالة . . فإن مزارع بالات القش لا تعد من المزارع المائية ، على الرغم من استمرار كونها من المزارع اللاأرضية .

خدمة مزارع بالات القش

من أهم عمليات خدمة مزارع بالات القش ما يلى :

١ ـ الرى :

يجب الاهتمام بالرى المستمر ؛ وذلك لضعف قدرة القش على الاحتفاظ بالماء .

ويتم الرى إما بالتنقيط (خاصة فى المواسم الباردة) ، وإما بالرذاذ (خاصة فى المواسم الحارة) .

٢ ـ التسميد :

تحتاج النباتات فى مزارع القش إلى مزيدٍ من التسميد ، وخاصة الأسمدة الآزوتية والبوتاسية ، كما يتعين كذلك التسميد بالعناصر الدقيقة إما مع ماء الرى بالتنقيط ، وإما رشا على النباتات . وإذا ظهرت حاجة إلى التسميد ببقية العناصر الضرورية ـ مثل الفوسفور ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ـ فإنها تضاف إما مع ماء الرى بالتنقيط ، وإما على سطح بالات القش .

مميزات وعيوب مزارع بالات القش

تتميز مزارع بالات القش بما يلى :

١ ـ عدم الحاجة إلى تعقيم التربة ؛ لأنها تكون معزولةً عن بالات القش بشريحةٍ بلاستيكية .

٢ ـ عدم الحاجة إلى عمليات تجهيز الأرض للزراعة .

٣ ـ توفّر تهويةٍ جيدةٍ للجذور .

٤ ـ توفّر العناصر الغذائية بصورةٍ ميسرةٍ للنبات .

٥ ـ تنطلق كميات كبيرة من غاز ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتحلل القش ؛ الأمر الذى يرفع من معدلات البناء الضوئى .

ومن أهم ما يعيب هذه المزارع احتياجها إلى كمياتٍ كبيرةٍ من مياه الرى ، كما أن القش المستعمل يجب أن يكون خاليًا تمامًا من بقايا مبيدات الحشائش .

مزارع الصوف الصخرى

الصوف الصخرى وخصائصه

تعتبر مزارع الصوف الصخرى Rockwool Culture من النظم المفتوحة Open Systems التى لا يعاد فيها استعمال المحاليل المغذية . وفيها تنمو جذور النباتات فى

بيئة صناعيةٍ تسمى بالصوف الصخرى Rockwool (يشبه اللباد) ، وتسقى بماءٍ يحقن أثناء عملية الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية ، ويكون الرى فيها بطريقة التنقيط .

وقد بدأت مزارع الصوف الصخرى فى الدانمرك فى الخمسينيات من هذا القرن ، وانتشرت فى السنوات الأخيرة فى دولٍ أخرى كثيرة ، وحلّت جزئيا محل مزارع تقنية الغشاء المغذى التى ترتفع تكاليفها الإنشائية ، وتعتمد كثيرًا على الطاقة فى تشغيلها .

ويصنع الصوف الصخرى بتسخين الحجر الجيرى وصخر البازلت معًا إلى درجة ١٦٠٠°م ؛ حيث ينصهران ، ثم يتدفقان فى جهازٍ يدور بسرعةٍ عاليةٍ جدا ؛ حيث تتكون من السائل المنصهر ألياف رفيعة تضاف إليها مواد أخرى قبل أن تبرد ؛ لتجعلها قادرةً على الاحتفاظ بالرطوبة . وعندما يتجمد المنتج النهائى ، فإنه يكون على شكل وسائد طوليةٍ من ألياف بقطر ٥ ميكرونات ، وتحتوى على ٩٧ ٪ مسافاتٍ بينيةً مملوءةً بالهواء ، وتبلغ كثافتها ٧٠ كجم / متر مكعب . وتكون الألياف - فى وسائد الصوف الصخرى المستعمل فى الأغراض الزراعية - رأسيةً ؛ لتسمح بتحرك الماء ونمو الجذور رأسيا بصورةٍ جيدة . أما الألياف الأفقية ، فإن الجذور لا تتعمق خلالها كثيرًا ، بل تميل إلى النمو الأفقى .

هذا .. ولا يتحلل الصوف الصخرى بيولوجيا ، ولا يحتوى على أية مواد ذائبة ؛ وعليه .. فإنه لا يمد النبات بأى غذاء ، كما أنه لا يدمص العناصر المغذية ؛ لأن سعته التبادلية الكاتيونية لا تذكر . ويتراوح الـ pH فيه بين ٧ و ٨,٥ . وفى بداية الزراعة نجد أن الصوف الصخرى يؤدى إلى رفع pH المحلول المغذى الذى يبلله لأول مرة بمقدار وحدة pH . ولهذا .. فإنه يجب أن يقل pH المحلول المغذى بهذا القدر عند أول استخدام للوسائد .

ويتوفر الصوف الصخرى على الأشكال التالية :

١ ـ على شكل حبيبات صغيرةٍ تفيد فى زيادة التهوية بمخاليط الزراعة التى تستعمل فى الأصص ؛ حيث تضاف إلى المخاليط بنسبة ٣٣ ٪ بالحجم .

٢ ـ على شكل مكعبات طول ضلعها ٤ سم أو ٧,٥ سم لأغراض إنتاج الشتلات . ترص المكعبات الصغيرة على طاولات الزراعة ، أما الكبيرة ، فإنها تغلف من جوانبها بالبوليثيلين ؛ لمنع التبخر والنمو الجانبى للجذور فى المكعبات المجاورة . ويمكن أن تجهز المكعبات الكبيرة بانخفاضاتٍ صغيرةٍ فى مركزها لتوضع بها المكعبات الصغيرة .

٣ ـ على شكل وسائد بسمك ٧,٥ سم ، وعرض ١٥ ـ ٣٠سم ، وبطول ٧٥ ، ١٠٠ ، ١٢٥ سم .

إنشاء وخدمة مزارع الصوف الصخرى

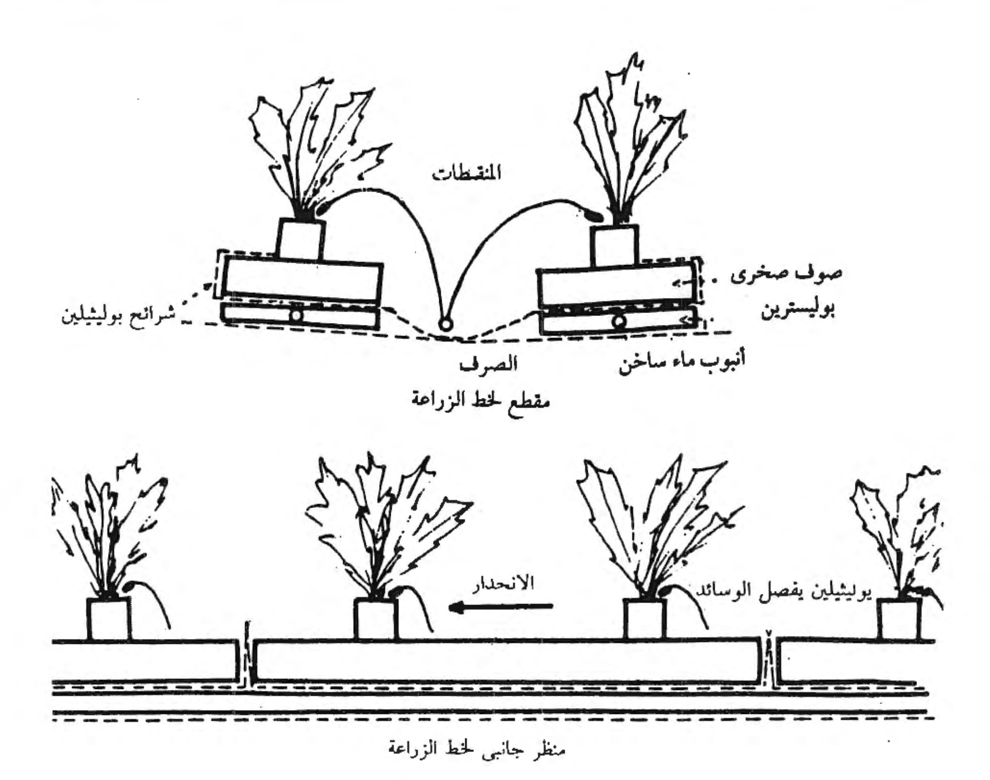
تنتج الشتلات أولاً فى المكعبات الصغيرة بزراعة البذور فى حُفَرٍ تُعمل فى المكعبات ، وتغطى بصوفٍ صخريٍّ ، ثم توزع الشتلات على مكعباتٍ أكبر ، أو قد تزرع فى المكعبات الكبيرة مباشرة (شكل ٥ ـ ٥، يوجد فى آخر الكتاب) . ويتم أثناء ذلك إعداد البيت بفرشة بالبلاستيك ، وتوزيع الوسائد على خطوط الزراعة بعد تغليفها بالبلاستيك (شكل (٥ ـ ٦) ، ثم توضع الشتلات بمكعباتها على سطح الوسائد فى فتحاتٍ تعمل فى الغلاف البلاستيكى على المسافات المرغوبة . ويراعى أن تكون جذور الشتلة بارزة من المكعبات عند الشتل ، وأن تغلف جوانب المكعبات بالبوليثين الأسود . ويزرع ـ عادةً ـ بكل وسادةٍ نباتا خيارٍ (شكل ٥ ـ ٧، يوجد فى اخر الكتاب) ، أو ثلاثة نباتات طماطم (شكل ٥ ـ ٨، يوجد فى آخر الكتاب) أو فلفل (شكل ٥ – ٩، يوجد فى آخر الكتاب). . ويكون الرى ـ دائمًا ـ بالتنقيط فى مزارع الصوف الصخرى . ويوضح شكل (٥ ـ ١٠) التصميم العام للمزرعة .



شكل (٥ ـ ٦) : وسائد الصوف الصخرى المغلفة بالبلاستيك ، وقد وزعت على أرضية البيت بعد فرشها بالبلاستيك .

ويؤدى تغليف وسائد الصوف الصخرى بالبوليثيلين إلى منع تسرب المحلول المغذى إلى المناطق المنخفضة ومنع انتشار الأمراض . وتُشق فتحات صغيرة فى الغلاف البلاستيكى للوسائد قرب القاعدة بالجانبين فى منتصف المسافة بين النباتات ، وكذلك فى نهايتى كل وسادةٍ ؛ للمساعدة على تحسين الصرف ، وتشجيع الحركة الأفقية للمحلول المغذى فى الوسادة .

تسقى النباتات دائمًا بالمحاليل المغذية بنظام حقن المحاليل القياسية المركزة فى ماء الرى أثناء عملية الرى . وتحتاج النباتات إلى ثلاث ريّات يوميا فى المتوسط ، لكن عدد الريات قد يختلف عن ذلك حسب حجم النباتات ودرجة حرارة الجو . ويجب أن يتوقف الرى عندما يبدأ تنقيط المحلول المغذى من الوسادة ، مع إعطاء ريةٍ غزيرةٍ كل فترةٍ لمنع تراكم الأملاح داخل الوسائد .



شكل (٥ ـ ١٠) : تخطيط لمزرعة صوفٍ صخرى .

ويستدل على من دراسات Drews (١٩٩١) على أن استمرار الرى بالماء العذب ـ بعد استكمال إضافة المحلول المغذى ـ كان ضروريا لخفض تراكم الأملاح فى الوسائد ، وأن إضافة الماء الزائد بنسبة ٢٠ ٪ كان أفضل من إضافته بنسبة ١٠ ٪ ؛ حيث أدى تراكم الأملاح إلى ارتفاع درجة التوصيل الكهربائى فى الوسائد إلى ٣,٥ ـ ٥,٥ ، مقارنةً بـ ٥,٠ ـ ٧,١٠ ملليموز / سم فى الحالتين على التوالى ، وصاحب ذلك زيادة المحصول الكلى بمقدار ١٢ ٪ عندما أضيف الماء الزائد (لغسيل الأملاح) بنسبة ٢٠ ٪ .

هذا . . ولا يكون توزيع المحلول المغذى متجانسًا فى كل الوسائد . فعندما يكون سمك الوسائد ١٥ سم نجد أن الـ ٢,٥ سم السفلية تكون مشبعةً كليةً بالماء ، ثم

تقل درجة التشبع بالماء تدريجيا كلما اتجهنا إلى أعلى حتى تصل إلى ١٠ ٪ فقط من المسافات البينية فى الـ ٢,٥ سم العلوية . أما عندما تكون الوسائد بسمك ٧,٥سم، فإن المحلول المغذى يضاف إليها بما يكفى لملء ٧٧ ٪ من المسافات البينية ، ويترك الباقى مملوءًا بالهواء . ولهذا السبب فإنه يجب ـ عند استعمال مكعبات صغيرة فى إنتاج الشتلات ـ أن توضع على سطحٍ مساميٍّ لتحسين التهوية بها .

ومن الضرورى سحب عيناتٍ أسبوعيةٍ من المحلول المغذى من داخل الوسائد بحقنٍ خاصةٍ لاختبار تركيز العناصر به ومعرفة أى تغيرٍ فى الـ pH. ويتم تعديل معدل حقن المحاليل السمادية المركزة فى ماء الرى ، تبعًا لنتائج التحليل ؛ بحيث تظل درجة التوصيل الكهربائى دائمًا فى حدود ١,٧ ـ ٢,٠ ملليموز .

ويمكن استخدام وسائد الصوف الصخرى لمدة سنةٍ فى إنتاج الخيار، ولمدة سنتين فى إنتاج الطماطم . وفى حالة استعمالها لمدة سنتين ، فإنه يجب تعقيمها بعد انقضاء السنة الأولى . ومن المفضل رى المحصول خلال الأيام الأخيرة بالماء فقط ؛ للعمل على خفض مستوى الأملاح بالوسائد للزراعة التالية . ويمكن التخلص من الماء الزائد فى الوسائد قبل التعقيم ؛ بمنع الرى خلال الأيام الثلاثة الأخيرة من المحصول السابق . كما يساعد وضع الوسائد على جانبها فى سرعة التخلص من الماء الموجود بها . ويجرى التعقيم باستعمال بروميد الميثايل أو بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة بعد رص الوسائد بعضها فوق بعض وتغطيتها بغطاءٍ مناسبٍ لهذا الغرض . ويفضل قلب الوسائد على الجانب الآخر قبل استعمالها فى الزراعة الثانية (عن Nelson ١٩٨٥) .

كذلك أمكن إنتاج الهليون فى مزارع الصوف الصخرى ، ويستدل من دراسات Matsubara & Okamura (١٩٩١) فى هذا الشأن على أن نمو النباتات وإنتاجها من المهاميز كان أفضل فى مزارع الصوف الصخرى مقارنةً بالزراعة فى التربة .

مزارع مخاليط البيت موس مع المواد الأخرى

تعتبر مزارع مخاليط البيت Peat Mixtures و المواد الأخرى ـ كالرمل ،

والفيرميكيوليت ، والبرليت ، والبوليسترين ، ونشارة الخشب ـ من النظم المفتوحة Open Systems التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرةٍ واحدة . وفيها تنمو النباتات فى مخاليط خاصةٍ أساسها البيت موس غالبًا . يكون الرى بطريقة التنقيط مع حقن ماء الرى بالمحاليل القياسية المركزة للعناصر المغذية .

مكونات مخاليط الزراعة

تناولنا ـ بالتفصيل ـ موضوع البيت موس ومختلف المواد الأخرى التى تدخل فى تكوين بيئات الزراعة ، وتركيب عديدٍ من مخاليط الزراعة الشائعة الاستعمال فى كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) ، ونكتفى فى هذا المقام بتقديم عرضٍ موجزٍ لهذه المواد وأهم خصائصها والمخاليط التى تُحضّر منها .

المكونات

١ ـ البيت موس peat moss :

البيت موس هو أحد أنواع البيت ، وهو يتكون تحت ظروف المستنقعات الباردة بنمو نباتات – تنتمى للـ Bryophyta – بكثافةٍ عاليةٍ ، ثم تموت وتستقر فى قاع المستنقع ، وتتراكم فوق بعضها دون أن تتحلل كيميائيا بسبب برودة المياه ونقص الأكسجين ، ولكن تحدث لها تغيرات فيزيائية نتيجة لتجمد النباتات ثم تفككها سنويا .

والبيت موس خفيف الوزن (يزن ٦٠ ـ ٧٠ كجم / م^{٣}) ، تبلغ فيه نسبة الفراغات حوالى ٩٥ ٪ ، ويحتفظ بالرطوبة بدرجةٍ عاليةٍ (يمكن أن يبلغ محتواه الرطوبى ١٥ مثل وزنه) ، وتفاعله حامضى (يمكن أن ينخفض رقمه الأيدروجينى إلى ٣,٨) ، وهو ذو سعةٍ تبادليةٍ كاتيونيةٍ عاليةٍ تقدر بنحو ١٥٠ مللى مكافئ / ١٠٠ جم عند تعديل الـ pH إلى ٧,٠ ، كما أنه فقير للغاية فى محتواه من مختلف العناصر المغذية للنبات ؛ لذا . . يلزم دائما تخصيبه بالأسمدة ، مع رفع رقمه الأيدروجينى إلى التعادل باستعمال الحجر الجيرى (بودرة البلاط) .

٢ ـ الفيرميكيوليت Vermiculite :

يُحصل على الفيرميكيوليت من مناطق رسوبيةٍ طبيعيةٍ . وبتسخين الخامة الأصلية إلى نحو ١٠٩٤ْم . . تتحول جزيئات من الماء ـ تربط بين صفائح المعدن ـ إلى بخار ؛ ليزداد حجم الخامة الأصلية إلى ١٢ ـ ١٥ مثل حجمها .

والفيرميكيوليت معقم ، خفيف الوزن (يزن ٧٥ ـ ١٥٠ كجم / م٣) ، ويحتفظ بالماء ، ومتعادل أو حامضى قليلاً ، وذو سعةٍ تبادليةٍ عاليةٍ (حوالى ٢٠ مللى مكافئ / ١٠٠ جم) ، ويحتوى على كمياتٍ كبيرةٍ نسبيا من البوتاسيوم والمغنسيوم تفى بحاجة النبات ، وعلى كميات من الكالسيوم تكفى النبات فى بداية نموه .

٣ ـ البرليت Perlite :

البرليت عبارة عن حجر بركانى أساسه السيلكا ، يُطحن ثم يسخن إلى ٩٨٢ْم ؛ حيث يتمدد ليكوّن جزيئاتٍ بيضاء ذات خلايا هوائيةٍ عديدةٍ مغلقة .

والبرليت يعد بديلاً جيدًا للرمل ؛ حيث يوفر تهويةً جيدةً ، ويتميز عن الرمل بخفة وزنه (يزن حوالى ١١٠ كجم / م٣) ، وهو معقم وخامل كيميائيا . يلتصق الماء بسطح جزيئات البرليت ، ولكنه لا يدمص داخل التكتلات . وهو ليس له أية سعةٍ تبادليةٍ كاتيونيةٍ ، ويبلغ رقمه الأيدروجينى ٧,٥ (عن Nelson ١٩٨٥) .

٤ - نخاع ساق نبات التيل Kenaf Stem Core :

اقترح Pill وآخرون (١٩٩٥) استعمال نخاع ساق نبات التيل بعد جرشه ؛ ليصبح على شكل جزيئات يتراوح قطرها بين ملليمترين و ٤ مللمترات . يتم أولاً نقع النخاع المجروش فى ماءٍ يحتوى على نيتروجين بتركيز ٥٠٠٠ جزءٍ فى المليون على صورة نترات أمونيوم . وقد استخدم هذا الجريش بنجاحٍ ـ فى بيئات الزراعة ـ بنسبة ٣٠ ٪ بالحجم ـ مع البيت موس بنسبة ٧٠ ٪ ـ كبديل للفيرميكيوليت أو البرليت فى هذه البيئات .

٥ ـ صوف الخبث Slagwool :

يتخلف عن أفران إنتاج الحديد والصلب ما يعرف باسم « الجلخ » أو « الخبث slag » ، وهى مادة غنية فى الفوسفور الميسر ، ويمكن إضافتها إلى التربة الزراعية لزيادة محتواها من هذا العنصر . ولكن الاستعمال الأفضل لهذه المادة ـ التى تتراكم بكمياتٍ كبيرةٍ ـ هو إعادة صهرها على حرارةٍ عاليةٍ وتشكيلها ـ من جديدٍ ـ فى صورة أليافٍ fibers ، أو صوف wool يمكن استخدامه كعازلٍ حرارى ، ويعرف هذا المنتج باسم « صوف الخبث » .

يبلغ الحد الأقصى لقطر ألياف صوف الخبث ٨ ميكرونات ، وهو يصلح كبديلٍ للصوف الصخرى ؛ حيث يتشابه معه فى كثيرٍ من الخصائص ، ويتفوق عليه فى بعضها ؛ فهو يحتفظ بالرطوبة بنسبة حوالى ٩٤٠ ٪ مقابل ٦٥٠ ٪ للصوف الصخرى ، وكلاهما ذو رقمٍ أيدروجينيٍّ يزيد قليلاً عن التعادل (حوالى ٧,٥) ، بينما ألياف صوف الخبث أكثر اندماجًا وأكثر ثباتًا من ألياف الصوف الصخرى . وما يتم تصنيعه من صوف الخبث فى مصر ـ حاليًا ـ يكون فى صورةٍ مفككةٍ يمكن إدخالها ضمن مكونات مخاليط الزراعة ، ولكن تصنيعها على صورة مكعباتٍ ووسائد سوف يجعل منها بديلاً طبيعيا للصوف الصخرى (عن أبو الروس وشريف ١٩٩٥) .

المخاليط

إن معظم المخاليط التى تستعمل فى المزارع اللاأرضية يكون أساسها البيت موس ، ويمكن أن يستعمل ـ لهذا الغرض ـ أىٌّ من المخاليط التى لا تدخل التربة المعدنية ضمن مكوناته ، والتى ورد بيانها فى كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) . كذلك يمكن استعمال المخلوط المبين فى جدول (٥ ـ ٣) فى معظم هذه النوعيات من المزارع (عن Collins & Jensen ١٩٨٣) .

جدول (٥ ـ ٣) : مخلوط من البيت والعناصر الغذائية للاستخدام فى مزارع مخاليط البيت .

المادة	الكمية بالكجم لكل مترٍ مكعبٍ من البيت موس	تركيز العنصر فى المخلوط بالجزء فى المليون
حجر جيرى (بودرة بلاط)	٤,٢	–
حجر جيرى دولوميتى	٣,٠	Mg : ٣٢٦
سوبر فوسفات الكالسيوم	٤,٧٥	P : ٣٧٠
نترات الأمونيوم	٠,٤٥	N : ١٥٠
كبريتات البوتاسيوم	١,٥	K : ٥٩٠
فرتز العناصر الصغرى Frit WM 255	٠,٤	–

ويذكر Bres & Weston (١٩٩٣) أن إضافة الجل polyacrylamide gels ، مثل الهيدروسورس HydroSource ، والأجرى جل Agri-gel بمعدل ٣ كيلو جرامات لكل مترٍ مكعبٍ من خلطة زراعةٍ قوامها البيت والبرليت والفيرميكيوليت بنسبة ١ : ١ : ١ ـ على التوالى ـ عمل على زيادة احتفاظ بيئة الزراعة بالرطوبة وبالنيتروجين ، الذى فقد من البيئة فى غياب الجل ـ بنسبة ٩٠٪ ـ ٩٥ ٪ للنيتروجين النتراتى ، و٣٣٪ ـ ٥٥ ٪ للنيتروجين الأمونيومى . وقد ترتب على إضافة الجل إلى بيئة الزراعة زيادة المحتوى الآزوتى لأوراق الطماطم .

مزارع الأغوار

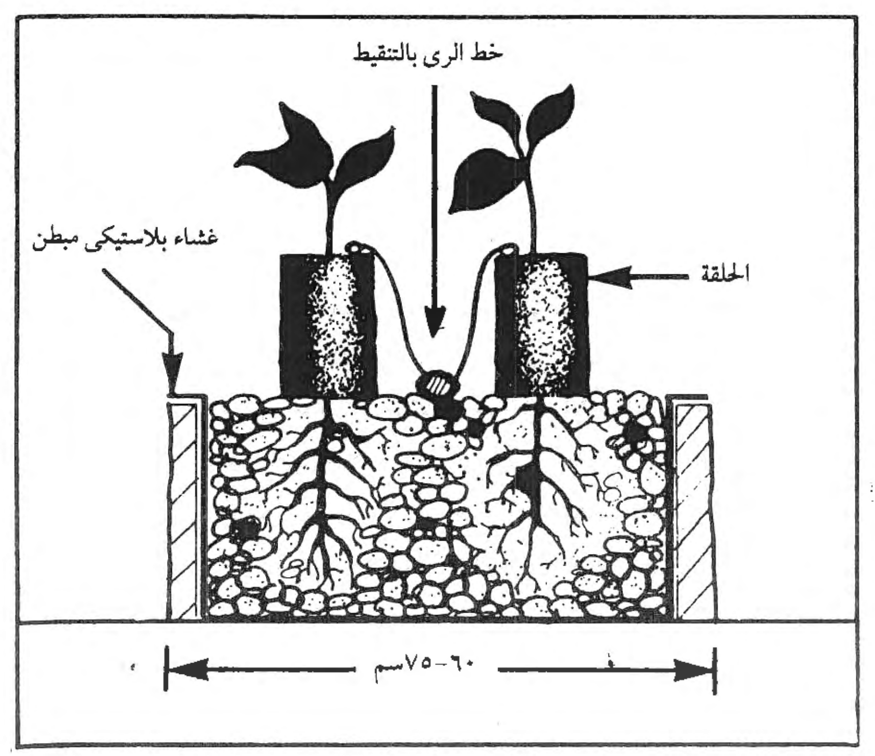
الغور trough هو الحوض العميق الطويل الضيق، ومزارع الأغوار Trough Cul-tures هى زراعات تتم فى هذه النوعية من الأحواض بعد ملئها بمخلوط زراعةٍ مناسبٍ يكون أساسه البيت موس غالبًا . وتقام جوانب الأحواض بعوارض خشبيةٍ أو أسمنتيةٍ ، وقد تكون من الفيبرجلاس أو الطوب (الطابوق) ، وتبطن من الداخل بغشاءٍ من البوليثيلين الأسود بسمك ١٠٠ ميكرون ليفصل الجذور عن التربة . يبلغ عمق الحوض حوالى ١٥ سم ، وعرضه حوالى ٧٥ سم . ويتراوح الطول المناسب من ٤٠ ـ ٦٠ مترًا . ويعتمد الصرف على ثقوب يتم عملها فى جوانب الحوض من أسفل ، أو على أنبوبٍ للصرف يوضع بعد فرش بطانة البوليثيلين وقبل إضافة مخلوط الزراعة . ويلزم فى هذه الحالة تصميم الأغوار بحيث تكون منحدرةً قليلاً لتحسين الصرف .

ولا تختلف مزارع الأغوار عن الزراعات المحمية العادية سوى فى إمكانية التحكم الكامل فى بيئة الجذور وتجنب عديدٍ من الإِصابات المرضية التى تعيش مسبباتها فى التربة .

وللتفاصيل الخاصة بطريقة إقامة الأغوار وإنتاج الطماطم بها يراجع Sheldrake & Dallyn (١٩٦٩) .

مزارع الحلقات

لا تختلف مزارع الحلقات عن مزارع الأغوار سوى فى وجود أسطواناتٍ مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق غير المنفذ للرطوبة تكون بقطر ٢٠ ـ ٢٥ سم ، وتوضع على سطح مخلوط الزراعة فى الأغوار ، وتملأ بالمخلوط نفسه . وتزرع النباتات فى هذه الحلقات التى تشجع على زيادة النمو الجذرى ، وترتفع درجة حرارتها بسرعةٍ أكبر أثناء النهار خلال فصل الشتاء وبداية الربيع . وتروى النباتات عند هذه الحلقات بطريقة التنقيط (شكل ٥ ـ ١١) .



شكل (٥ ـ ١١) : مقطع عرضى فى مزارع حلقات Ring culture .

وتنتج بعض الشركات شرائح من البيت موس المضغوط المضاف إليه الحجر الجيرى لتعديل الرقم الأيدروجينى للبيت إلى المجال المناسب. تبلغ أبعاد هذه الشرائح عادة ٥٠ × ٦٠ سم ، ولكن يمكـن قطعها لتأخذ « البلوكات » الناتجة أبعادًا مختلفةً ؛ ٢٥ × ٦٠ سم ، و ٣٠ × ٥٠سم ، و ٣٠ ـ ٢٥ سم ، و١٠ × ١٠ سم . . . إلخ . أما ارتفاعها فيتراوح ـ بعد رى البيت ـ بين ٦ سم و ٧ سم . توضع هذه الشرائح فى المكان المخصص لها من الأغوار ، على أن تكون المسافة بين كل شريحةٍ وأخرى وبين الشريحة وجوانب الغور سنتيمترًا واحدًا ، وهى المسافة التى يتمددها البيت موس بعد ابتلاله . وبعد رى شريحة البيت توزع الشتلات ـ وهى نامية فى أصص بدون قاع ـ على المسافات المناسبة من الشريحة ؛ حيث تستمر جذور النبات فى النمو فى شريحة البيت موس بعد ذلك . ويكون رى النباتات فى هذه المزارع ـ التى تعد نوعًا من مزارع الحلقات ـ بطريقة التنقيط (شكل ٥ ـ ١٢ ، يوجد فى آخر الكتاب) .

مزارع الأكياس

يطلق على الأكياس المستخدمة فى مزارع الأكياس Bag Culture اسم Peat Mod-ules؛ نظرًا لأنها تملأ بمخاليط أساسها البيت موس . وهى أكياس بلاستيكية ، ويكون طولها - عادةً ـ مترًا ، وعرضها ٢٠ سم ، وتتسع لزراعة نباتىْ خيار ، أو ثلاثة نباتات طماطم ، لكن توجد أنواع أخرى من الأكياس ، منها ما هو طوله حوالى ٧٠ سم ، وعرضه حوالى ٣٥ سم ، وحجمه ٥٠ لترًا (شكل ٥ ـ ١٣ ، يوجد فى آخر الكتاب) . توضع هذه الأكياس على الأرض بامتـداد خـط الزراعة (شكل ٥ ـ ١٤ ، يوجد فى آخر الكتاب) . وقد استعملت كذلك أكياس صغيرة رأسية بحجم ثلثى قدمٍ مكعبةٍ وتتسع لنباتٍ واحدٍ . وعمومًا . . فإن أفضل حيزٍ لنمو الجذور فى هذا النوع من المزارع يقدر بنحو ١٤ لترًا لكل نبات طماطم .

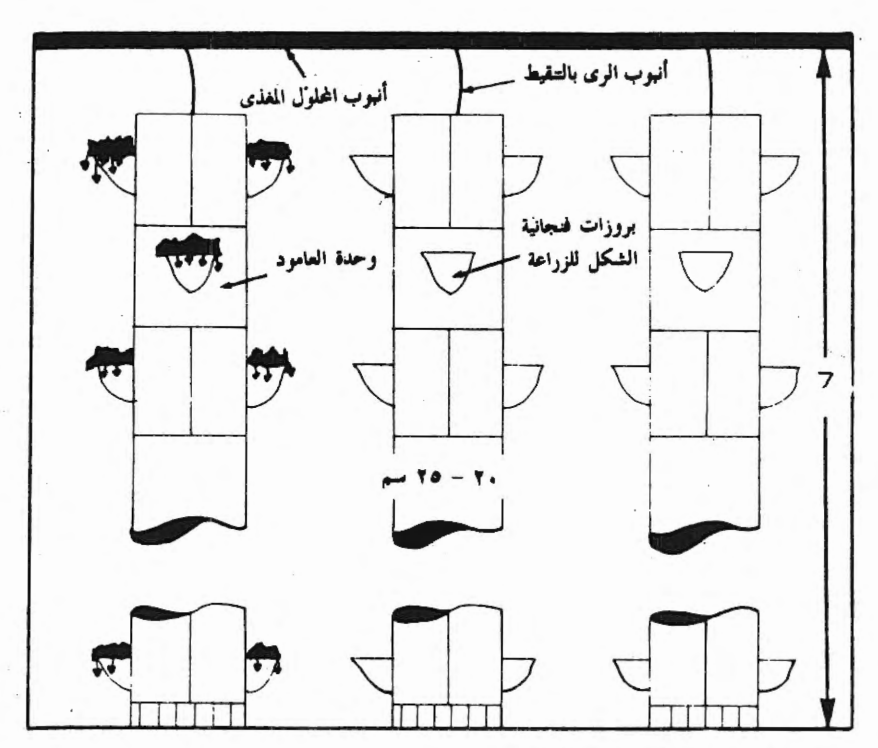
تستعمل فى هذه المزارع أكياس بلاستيكية خاصة لونها الداخلى أسود ليناسب نمو الجذور ، وسطحها الخارجى أبيض ليعكس الضوء فى المناطق الحارة ، أو أسود ليمتص الطاقة الضوئية فى المناطق الباردة . هذا . . ويتم تصريف المحلول الغذائى

الزائد من خلال شقوقٍ صغيرةٍ تعمل فى جانبى الكيس من أسفل (Carpenter ١٩٨٢ ، و Collins & Jensen ١٩٨٣ ، Snyder & Bauerle ١٩٨٥) .

مزارع الأعمدة

تنمو النباتات فى هذا النوع من المزارع(Column Culture) فى أعمدةٍ رأسيةٍ . وقد تطورت هذه الطريقة للزراعة فى أوروبا ، خاصة فى إيطاليا ، وإسبانيا .

تستخدم لذلك أنابيب من الأسبستوس تثبت بعضها فوق بعضٍ ، وبكلٍّ منها عدد من البراويز على شكلٍ فنجانيٍّ تزرع فيها النباتات ، وتوزع هذه البراويز حلزونيا على امتداد الأنبوبة ، وتملأ الأنابيب بخلطةٍ أساسها البيت موس ، وتسقى بمحلولٍ مغذٍّ بطريقة التنقيط من أعلى الأنبوبة . وتسمح هذه الطريقة للزراعة بصرف المحلول المغذى الزائد من قاع العمود (شكل ٥ ـ ١٥) . ويصلح هذا النظام خاصةً لزراعة الفراولة .



شكل (٥ ـ ١٥) : مزرعة أعمدة Columm Culture .

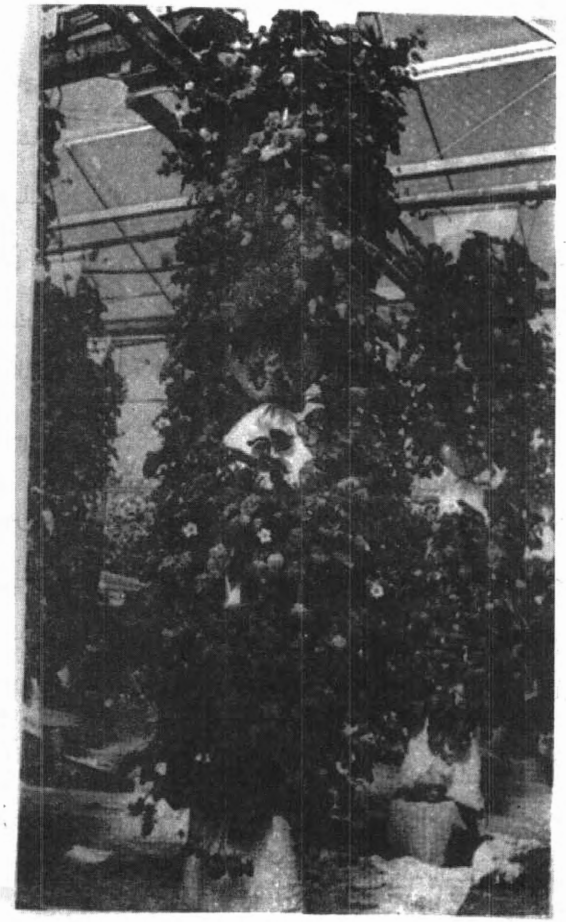
مزارع الأجولة المدلاة

تعتبر مزارع الأجولة المدلاة Sac Culture طريقةً محورةً عن مزارع الأعمدة ، وتتميز بأنها أكثر بساطةً ، وفيها تستخدم أجولة Sacs ، بدلاً من الأنابيب . تصنع الأجولة من البوليثيلين (باللون المناسب لدرجة الحرارة السائدة) ، وبسمك ١٥٠ ميكرونًا ، ويكون قطرها ١٥ سم وطولها مترين ، وتملأ بمخلوط البيت مع الفيرميكيوليت ، ويربط طرفها السفلى لمنع سقوط بيئة الزراعة ، وتثبت من طرفها العلوى فى هيكل البيت ، وتترك لتتدلى لأسفل ، وتزرع النباتات من خلال ثقوبٍ قطرها ٢,٥ ـ ٥ سم على محيط هذه الأجولة .

يجرى الرى بطريقة التنقيط . وتستغرق دورة الرى ٢ ـ ٥ دقائق ، ويتم فيها تنقيط نحو ١ ـ ٢ لتر من المحلول المغذى فى كل جوال ، ولايعاد استخدام المحلول الزائد ، بل يصرف من ثقوبٍ خاصةٍ لهذا الغرض . هذا . . ويتم غسل الأجولة جيداً بالماء مرةً كل شهرٍ ؛ للتخلص من الأملاح المتراكمة . ويفيد هذا النظام خاصةً مع الخس والفراولة (شكل ٥ ـ ١٦) ، وهى محاصيل لا ترتفع كثيراً فى نموها عن سطح الأرض ؛ وبذلك لا يستفاد جيداً من الجو المتحكم فيه داخل البيوت ، لكن الزراعة الرأسية بهذا النظام تسمح بالاستغلال الأمثل لبيئة البيت المحمى .

وقد قامت الشركات الزراعية بتطوير هذا النظام فى الزراعة ، واستخدمت لذلك أجولة مدلاة مملوءة بالبرليت ، ومربوطة بأحزمة من منتصفها ؛ لمنع تكدس البرليت فى جزئها السفلى (شكل ٥ ـ ١٧ ، يوجد فى أخر الكتاب) .

ويعمل هذا النوع من المزارع على خفض استهلاك الماء بنسبةٍ قد تصل إلى ٨٠٪ ، مع تسهيل عملية الحصاد ، والمحافظة على نظافة الثمار . ويفيد خاصةً مع الفراولة التى تعتبر شديدة الحساسية للتلوث بالتربة . وقد قُدّر فى المملكة العربية السعودية أنه يمكن إنتاج محصولين من الفراولة فى السنة بإنتاجيةٍ تصل إلى ٧ كجم



شكل (٥ ـ ١٦) : إنتاج الفراولة فى مزارع الأجولة المدلاة (شركة . j.t.provence ـ فرنسا) .

لكل مترٍ مربعٍ ، أو ما يعادل تقريبًا ٧٠ طنا من الثمار للهكتار ، بالمقارنة بنحو ١٣ ـ ١٤ طنا للهكتار فى الزراعات المكشوفة فى المناطق الباردة (Arab World Agibusi-ness العدد الرابع ١٩٨٥) .

الفصل السادس

المزارع المائية

مقدمة

نناقش فى هذا الفصل أنواع المزارع اللاأرضية التى تنمو فيها الجذور فى المحاليل المغذية مباشرة ، ولا تستعمل فيها بيئات صلبة لدعم النبات وتثبيت جذوره . وتلك هى المزارع المائية Hydroponics الحقيقية من بين جميع أنواع المزارع اللاأرضية . وهى تعتبر من النظم المغلقة التى يستخدم فيها المحلول المغذى لمدة طويلة قبل التخلص منه وتحضير غيره من جديد . وفيها تسقى النباتات بالمحلول المغذى مباشرة ، فلا حاجة إلى حقن محاليل سمادية مركزة فى ماء الرى، ولكن تكون هناك حاجة إلى خزانات كبيرة تتسع لضعف كمية المحلول المغذى التى تحتاج إليها جميع نباتات المزوعة يوميا لتحقيق نوع من الأمان بالنسبة لتغذية النباتات . وتثبت النباتات فى مكانها فى هذه النوعية من المزارع بجعل منطقة التاج (قاعدة الساق) تستند إلى طبقة رقيقة من وسط صلب ، يكون غالبًا هو غطاء المجرى أو المكان الذى تنمو فيه الجذور .

تشتق كلمة Hydroponics ـ كما أوضحنا فى الفصل السابق ـ من كلمتين يونانيتين ؛ هما : hydro بمعنى ماء ، و ponos بمعنى عمل ؛ فيكون المعنى الحرفى للكلمة هو « عمل الماء » .

وتعتبر المزارع المائية ـ تاريخيا ـ أسبق إلى الظهور من نوعيات المزارع اللاأرضية الأخرى التى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس ، إلا أنه يتم ـ دائمًا ـ تحسينها وتطوير نوعيات جديدة منها ؛ مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى والمزارع الهوائية وغيرهما (يمكن الرجوع إلى تاريخ تطور المزارع المائية فى Cooper ١٩٧٩) .

وقد سبق التقديم للمزارع المائية ، ومزاياها وعيوبها ـ بصورةٍ عامةٍ ـ ضمن المزارع اللاأرضية في بداية الفصل الخامس الخاص بمزارع بيئات نمو الجذور الصلدة اللاأرضية ؛ وذلك على أساس أن جميع أنواع المزارع المائية هى ـ فى واقع الأمر ـ مزارع لا أرضية كذلك .

وفى هذا الفصل نلقى مزيدًا من الضوء على كل ما يتعلق بالمزارع المائية وأهم أنواعها الشائعة الاستعمال .

شروط نجاح المزارع المائية

يلزم لنجاح المزارع المائية تحقيق شرطين أساسيين ؛ هما :

١ ـ توفير الأكسجين الكافى لنمو الجذور ؛ نظرًا لأنها تستنفذ ما يوجد بالمحلول المغذى من أكسجين خلال فترةٍ قصيرةٍ ، فى حين يستمر استعماله لمدةٍ طويلة . وتختلف طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمة لتنفس الجذور حسب نوع المزرعة . وسنناقش الطريقة المناسبة لكل نوعٍ من المزارع فى حينها .

٢ ـ حجب الضوء عن الجذور:

يمكن للنباتات أن تنمو بصورةٍ طبيعيةٍ ، بغض النظر عما إن كانت جذورها معرضةً للضوء ، أم أنها تنمو فى الظلام ، لكن المهم هو أن تبقى جذورها دائمًا مغمورةً فى الماء ، أو أن يكون الجو المحيط بها مشبعًا تمامًا بالرطوبة . وترجع أهمية حجب الضوء إلى أن الظلام يمنع نمو الطحالب ، بينما يساعدها الضوء على النمو . ويؤدى نموها إلى منافسة النباتات على العناصر الغذائية وإلى رفع pH المحلول المغذى ، كما أنها تنافس النباتات على الأكسجين ليلاً . ويؤدى تحللها إلى إنتاج مواد سامةٍ قد تتعارض مع النمو الطبيعى للنباتات .

هذا . . وتخدم المحاليل المغذية فى هذه المزارع ـ كما فى جميع النظم المقفلة بالطرق نفسها التى سبق شرحها تحت مزارع الحصى فى الفصل الخامس .

مميزات وعيوب المزارع المائية

المميزات

إلى جانب المميزات التى تشترك فيها المزارع المائية مع باقى أنواع المزارع اللاأرضية ـ والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس ـ فإن المزارع المائية تنفرد بميزاتٍ إضافيةٍ تتحقق ـ أساسًا ـ من خلال التحكم التام فى بيئة الجذور كما يلى :

١ ـ التحكم فى محتوى المحلول المغذى من العناصر المغذية ؛حيث يمكن تحضير المحلول المثالى الذى يناسب المحصول المزروع ومرحلة نموه النباتى ، مع مراقبته وتعديل تركيبه فى أثناء الاستعمال كلما لزم الأمر (يراجع لذلك الفصل الرابع) .

٢ ـ يمكن التوفير فى تدفئة البيوت المحمية شتاءً فى زراعات الطماطم بخفض درجة حرارة البيت ليلاً إلى ١١ ـ ١٦ْم ، مع رفع درجة حرارة المحلول المغذى إلى ٢٣ ـ ٢٨ْم من الشتل حتى بداية موسم الحصاد . وعلى الرغم من أن إجراء هذه المعاملة تسبب فى تأخير الحصاد ، إلاَّ أنها أدت إلى زيادة المحصول الكلى وعائد الزراعة . وقد ساعد الاستمرار فى رفع درجة حرارة المحلول المغذى إلى نهاية موسم الحصاد (مع الحرارة المناسبة للنموات الخضرية) إلى زيادة المحصول بنحو ١٠ ٪ . هذا . . مع العلم بأن تدفئة المحلول المغذى سهلة وميسورة وأقل تكلفةً من تدفئة هواء الصوبة ، كما أن الحرارة التى تفقد من المحلول المغذى تتسرب إلى هواء البيت ، وهو الأمر الذى قد لا يتحقق عند تدفئة التربة (Resh ١٩٨٥) .

وقد وجد Takano (١٩٩١) أن رفع حرارة المحلول المغذى (فى مزارع تقنية الغشاء المغذى) إلى ٢٧ْم أدى إلى زيادة المحصول المبكر والكلى للطماطم ، حتى مع انخفاض حرارة هواء الصوبة ليلاً إلى ٥ْم أو أقل . كما أدى رفع حرارة المحلول إلى ٢٥ْم إلى زيادة الوزن الجاف لنباتات القاوون ، وكذلك زيادة محتواها من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم .

٣ـ ـ توفير وسائل فريدةٍ ومتعددةٍ لمكافحة الأمراض ، يصعب أو يستحيل تطبيقها فى المزارع الأرضية أو حتى فى النوعيات الأخرى من المزارع اللاأرضية . ومن بين

هذه الوسائل : ترشيح المحاليل المغذية للتخلص من مسببات الأمراض ، وتعقيم المحاليل بالأشعة فوق البنفسجية أو بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic ، أو إضافة المبيدات الجهازية أو الكائنات المستعملة فى المكافحة البيولوجية إليها ، وتزويد المحاليل المغذية بالمركبات التى تزيد المقاومة الطبيعية للنباتات ضد الأمراض ، وغيرها من الوسائل التى نتناولها بالشرح فى الفصل السابع .

٤ - يمكن التخلص من المركبات السامة التى تفرزها الجذور بإضافة مسحوق الفحم النباتى المُنَشّط إلى المحلول المغذى . وقد وجد Yu وآخرون (١٩٩٣) أن تركيز الكربون يرتفع تدريجيا فى المحلول المغذى لمزارع الطماطم من ٣ أجزاء فى المليون إلى ٤٠ جزءاً فى المليون ؛ بسبب إفرازات الجذور من المواد العضوية ، وأن إضافة الفحم النباتى قللت جوهريا من تلك الزيادة ، وأدت إلى زيادة الوزن الجاف للنباتات ومحصولها الكلى .

٥ - قد يمكن تحسين القيمة الغذائية للخضر المنتجة بإضافة مركباتٍ معينةٍ إلى المحاليل المغذية . فمثلا . . تمكن Inoue وآخرون (١٩٩٥) من زيادة محتوى نباتات الخس من فيتامين جـ (حامض الأسكوربيك) بمقدار ٣٥٠ ٪ بإضافة أسكوربات الصوديوم Sodium Ascorbate إلى المحلول المغذى - بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون لمدة يوم واحد قبل الحصاد مباشرة . وقد كان الخس المنتج ذا محتوى عادى من البوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم ، واحتفظ بمظهره الطبيعى وبمحتواه المرتفع من حامض الأسكوربيك عندما خزن لمدة ثلاثة أيامٍ على ٥°م .

٦ - قد يمكن التأثير على النمو النباتى بإضافة مركباتٍ معينةٍ إلى المحلول المغذى ؛ فمثلا . . وجد Takahashi وآخرون (١٩٩٣) على الطماطم أن إضافة حامض الأبسيسك بتركيز ١,٠ جزءاً فى المليون إلى المحلول المغذى أدى إلى تنشيط النمو النباتى بقوة ؛ بسبب التأثيرات الإيجابية التى أحدثها منظم النمو ؛ وهى : زيادة النمو الجذرى ، وارتفاع درجة حرارة النموات الخضرية ، وزيادة نشاط أكسدة الـ "α–napthylamine" فى الجذور، وزيادة تكوين الجذور العرضية. هذا . . إلا أن

زيادة تركيز حامض الأبسيسك إلى ٥ أجزاء أو ١٠ أجزاء فى المليون أحدثت تأثيراتٍ عكسيةً على النمو النباتى .

وقد ترتب على ما تقدم بيانه أن حققت المزارع المائية أرقامًا قياسيةً فى الإنتاج ؛ فمثلا أمكن الحصول على ١٥ كجم من الطماطم/ نبات ، كما أمكن إنتاج أكثر من ٦٢٥٠٠ رأس من الخس / هكتار أسبوعيا (٢٥٠٠٠ رأس أسبوعيًا / فدان) مع ميكنة الإنتاج فى المزارع المائية (عن Jarvis ١٩٨٩) .

وبالنظر إلى النجاح الكبير الذى حققته المزارع المائية ومما تحققه من مميزاتٍ لا تتوفر فى المزارع الأرضية العادية ، فقد حاول البعض إنشاء مزارع مائيةٍ فى حقولٍ مكشوفة ؛ أى ليست داخل بيوتٍ محميةٍ كما جرت العادة على ذلك إلى الآن . جُرِّب ذلك ـ على سبيل المثال ـ فى ألمانيا ؛ حيث كانت نباتات الطماطم النامية فى مزرعةٍ مائيةٍ فى حقلٍ مكشوفٍ أقوى نموا ، وأعلى فى كلٍّ من المحصولين المبكر والكلى عن نظيرتها التى زرعت فى الأرض مباشرة (Vogel & Flogel ١٩٩٣ ، وVogel ١٩٩٤) .

العيوب

إلى جانب العيوب التى تشترك فيها المزارع المائية مع باقى أنواع المزارع اللاأرضية - والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الخامس ـ فإن المزارع المائية تنفرد بعيوبٍ إضافيةٍ ، نجملها فيما يلى :

١ ـ يعتقد أن استمرار استعمال المحاليل المغذية فى النظم المغلقة يؤدى إلى انتشار مسببات الأمراض التى يمكن أن تصيب النباتات عن طريق الجذور . وعلى الرغم من أن Cooper (١٩٧٩) أوضح أن هذا الأمر لم يتأيد حدوثه على أرض الواقع ، فإن بعض الدراسات الحديثة تُلفت الانتباه إلى أهميته ، كما يلى :

أ ـ ذكر Larsen (١٩٨٢) أن الفطر Pythium أحدث خسائر كبيرةً فى كلٍّ من الطماطم والخيار فى المزارع المائية المغلقة ؛ مثل تقنية الغشاء المغذى ومزارع الحصى ؛ وذلك عندما ارتفعت حرارة المحلول المغذى إلى ٣٠ْم أو أكثر من ذلك . كذلك

وجد Carrai وجد (١٩٩٣) أن الفطر Pythium aphanidermatum ـ المسبب لعفن جذور الخس ـ انتشر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى التى ارتفعت فيها حرارة المحلول المغذى إلى ٢٩ ـ ٣٩ْم ، ولكنه لم يظهر عندما بُردّ المحلول المغذى إلى ٢٠ ـ ٢٤ْم.

وبالمقارنة . . لم ينتشر فطر البيثم فى المزارع الرملية الجيرية ، علمًا بأن المزارع الرملية من النظم المفتوحة .

ب ـ ينتقل عديد من الفيروسات إلى النباتات من خلال المحاليل المغذية الملوثة صناعيا ، أو التى تلوثت طبيعيا بالفيرس ، ومن أمثلة هذه الفيروسات ما يلى (عن Schuerger & Hammer ١٩٩٥) :

فيرس موازيك الخيار المتبرقش الأخضر Cucumber Green Mottle Mosaic Virus .

مسبب العرق الكبير فى الخس Lettuce Big Vein Agent .

فيرس بقع القاوون المتحللة Melon Necrotic Spot Virus.

فيرس إكس البطاطس Potato Virus X .

فيرس موزايك التبغ Tobacco Mosaic Virus .

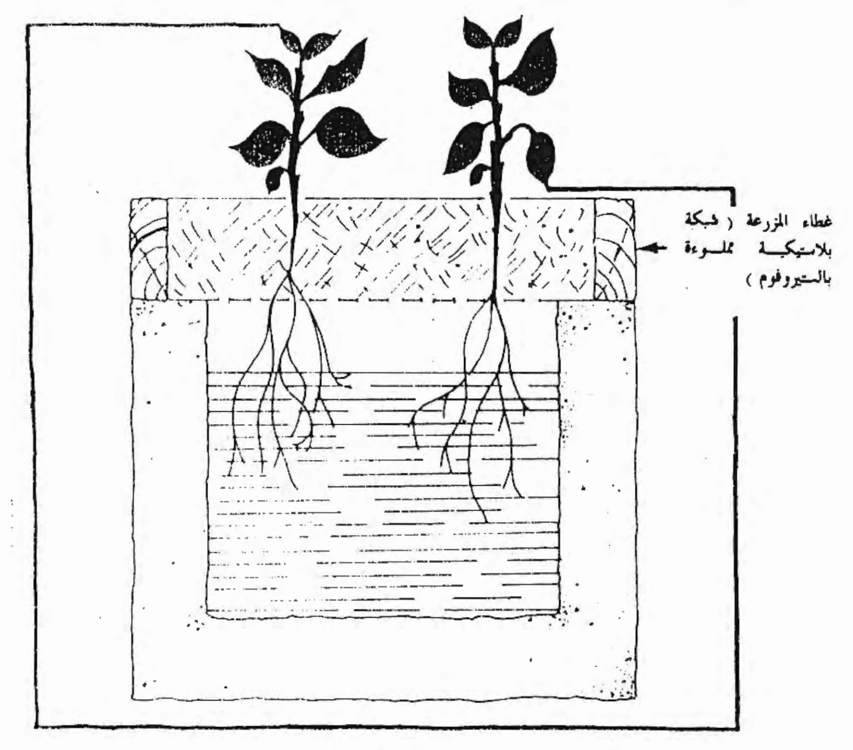
فيرس تقزم الطماطم الشجيرى Tomato Bushy Stunt Virus .

فيرس موزايك الطماطم Tomato Mosaic Virus.

مزارع المحاليل المغذية

تعتبر مزارع المحاليل المغذية Nutrient Solution Culture أول أنواع المزارع المائية استخدامًا على النطاقين البحثى والتجارى ، وفيها تبقى الجذور فى المحلول المغذى داخل حيزٍ مغلق قد يكون وعاءً بلاستيكيا بحجم مناسب (للأغراض البحثية والتعليمية) ، أو أحواضًا أسمنتيةً مطليّة بالبيتومين (الزفت) تصلح للإنتاج التجارى . وتختلف الأحواض المستعملة لهذا الغرض فى العرض من ٣٠ ـ ١٠٠ سم ، وفى الطول من ٦٠ ـ ٢٥٠ سم ، وفى العمق من ١٥ ـ ٢٢,٥ سم . وهى تملأ بالمحلول لعمق ١٠ ـ ١٥ سم ، وتترك مسافة ٥ ـ ٧,٥ سم حتى غطاء الحوض

الذى يكون صالحًا لكلٍّ من زراعة البذور ، أو تثبيت الشتلات حسب طريقة الزراعة المتبعة (شكل ٦ ـ ١) .



شكل (٦ ـ ١) : مقطع عرضى فى مزرعة محلول مغذٍ تجارية .

يتكون غطاء الحوض (يطلق عليه اسم طاولة مهاد الركام المبعثر litter tray) من شبكةٍ بلاستيكيةٍ (بدلاً من شباك السلك المجلفن التى كانت تستعمل سابقًا ، حتى يمكن تلافى مشكلة التسمم من الزنك) تملأ بالستيروفوم styrofoam وجزيئاتٍ بلاستيكيةٍ أخرى (بدلاً من القش ، وقُشارة الخشب ، ونشارة الخشب ، والبيت موس ، وقشور الأرز ، وهى المواد التى كانت تستعمل سابقًا) ، تكون الشبكة بما فيها من مواد مالئة بسمك ٥ ـ ١٠ سم ، ويمكن أن تزرع فيها البذور مباشرةً أو تثبت فيها الشتلات .

ويفضل ـ حاليًا ـ استخدام غطاءٍ بلاستيكيٍّ لأحواض الزراعة يتم تثقيبه على الأبعاد المناسبة للنباتات التى يُراد زراعتها . تكون هذه الثقوب بقطر يزيد قليلاً عن

القطر المتوقع لقواعد سيقان النباتات البالغة . تمرر جذور الشتلات الصغيرة من هذه الثقوب ، ثم تثبت سيقانها فى الغطاء باستعمال أسطوانات صغيرةً من الاستيروفوم أو الصوف الصخرى تكون بقطر الثقوب التى فى الغطاء نفسه ، ومقطوعةً طوليا ؛ ليمكن تركيبها حول سيقان النباتات ، وبمركز كلٍّ منها ثقب طولى يسمح بمرور ساق النبات من خلاله .

وفى البداية (بعد زراعة البذور أو الشتل) يكون مستوى المحلول المغذى فى الحوض مرتفعًا إلى ما يقرب من ١ ـ ٢,٥ سم من الجانب السفلى لشبكة الغطاء ، لكن دون أن يبلها . ومع نمو الجذور يخفض مستوى المحلول المغذى تدريجيا إلى أن تصبح المسافة بين الجانب السفلى للشبكة وسطح المحلول المغذى فى الحوض من ٥ ـ ٧,٥ سم . ويمكن التحكم فى مستوى المحلول المغذى وإبقاؤه ثابتًا فى الحوض باستعمال أنبوبٍ لتصريف المحلول الزائد عن المستوى المرغوب (Resh ١٩٨٥) .

ويتم توفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور فى هذا النوع من المزارع بواسطة مضخةٍ صغيرةٍ تعمل بصفةٍ دائمةٍ ، وتدفع الهواء من خلال ثقوبٍ توجد فى أنبوبٍ بقاع حوض الزراعة ، فيخرج على شكل فقاقيع ؛ فيذوب بذلك جزء من الأكسجين فى المحلول المغذى . ويتطلب ذلك مواصفات خاصة فى فوهة (بزباز) nozzle مدخل الهواء فى المحلول المغذى لأجل زيادة معدل ذوبان الأكسجين فى المحلول (Fang وآخرون ١٩٩٥) .

وعلى الرغم من أن دراسات Yoshida & Eguchi (١٩٩٤) ـ التى استعملا فيها نظير الأكسجين ^{18}O – أثبتت أن الأكسجين الهوائى يمكن أن ينتقل خلال الأوراق والمسافات المملوءة بالغازات فى الأنسجة النباتية إلى الجذور ـ حيث تستعمله فى التنفس ـ إلا أن ذلك حدث بمعدلات منخفضة ، وتطلب زيادة تركيز الأكسجين الهوائى عن التركيز العادى ؛ ولذا . . فإن حصول الجذور على الأكسجين مباشرةً يعد أمرًا حيويا فى المزارع المائية .

وقد حقق مركز بحوث وتطوير الخضر الأسيوى (AVRDC) تطورًا كبيرًا فى

مجال هذا النوع من المزارع المائية بتوصله إلى طريقة لنمو النباتات فى محاليل مغذية ، دون الحاجة إلى تهويتها. وفى هذه الطريقة تربى النباتات بحيث تمتد جذورها خلال حيزٍ هوائيٍّ عريضٍ تحصل منه على احتياجاتها من الأكسجين قبل أن تمتد فى المحلول المغذى (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٨٦) .

ويعطى Kratky وآخرون (١٩٨٨) تفاصيل إنشاء مزرعة محلولٍ مغذٍّ من هذا القبيل ، لم يختلف فيها محصول الطماطم جوهريا عن محصول النباتات النامية فى التربة العادية .

وتمشيًا مع هذا الاتجاه . . وجد Fujime وآخرون (١٩٩١) أن خفض عمق المحلول المغذى (ارتفاعه فى قاع حوض الزراعة) إلى ٣,٥ سم فقط خلال المراحل المتوسطة لنمو نباتات الطماطم كان أفضل من استمرار المحلول المغذى بعمق ٨,٥ سم ، أو تأجيل خفض عمقه إلى ٣,٥ سم حتى مرحلةٍ متأخرةٍ من النمو النباتى. وقد علل الباحثون ذلك بأن غاز الأكسجين المذاب فى المحلول المغذى كان أعلى تركيزًا عندما كان المحلول بعمق ٣,٥ سم مقارنةً بعمق ٨,٥ سم ، كما كانت جذور النباتات أكثر تعرضًا للهواء الجوى فى الحالة الأولى (بسبب انخفاض مستوى المحلول المغذى فى أحواض الزراعة) ، مقارنةً بالحالة الثانية التى كان فيها المحلول المغذى بعمق ٨,٥ سم .

كما ابتكر Kratky (١٩٩٣) مزرعةً مائيةً أخرى نمّا فيها نباتات الخس فى أوعيةٍ بلاستيكيةٍ مستدقةٍ بقطر ٤ سم من أعلى ، وبطول ٢١,٨ سم (ومملوءةٍ بمخلوط من الرمل والبيت موس والفيرميكيوليت بنسبة ١ : ١,٢ : ٠,٨) حتى عمر ١٨ يومًا ، ثم ثبّت هذه الأوعية فى ثقوبٍ مناسبةٍ عملت فى غطاء مزرعةٍ مائيةٍ كان فيها المحلول المغذى بعمق ٧,٥ سم ، وبحيث ظهر ٤,٧ سم من أوعية النباتات فوق غطاء المزرعة ، بينما غمر قاع الأوعية فى المحلول المغذى حتى عمق ٢,٥ سم ، وقد كان ذلك كافيًا لأن ينتشر المحلول المغذى فى تلك الأوعية بالخاصية الشعرية ، ومع نمو النباتات امتدت جذورها إلى المحلول المغذى وانتشرت فيه . وقد كان محصول

الخس المنتج بهذه الطريقة أعلى من محصول الخس المزروع فى التربة العادية بمقدار ٢٤ ٪ .

مزارع الأنابيب

تستعمل فى مزارع الأنابيب Tube Cultures أنابيب من البولى فينايل كلورايد (PVC) بقطر ٤ بوصات تشق طوليا إلى نصفين ، ويغطى مكان القطع بالبلاستيك الأسود لمنع نفاذ الضوء . وتستخدم هذه الأنصاف فى زراعة النباتات ذات النمو الخضرى والجذرى المحدودين ، كالخس والشليك . ويتم عمل ثقوب فى البلاستيك تثبت فيها النباتات ، وتبقى الجذور داخل الأنبوبة التى يمر فيها المحلول المغذى بصورةٍ دائمة ؛ ولهذا . . فإنها يجب أن تكون مائلة بمقدار ٧,٥ سم كل ٣٠ مترًا ؛ لتعمل على حسن انسيابه فيها . هذا . . ويعاد استعمال هذه الأنابيب فى الزراعة بعد تعقيمها بهيبوكلوريد الصوديوم ، لكن يستعمل معها غطاء بلاستيكى جديد .

وتتحقق التهوية اللازمة للمحلول المغذى فى هذه النوعية من المزارع أثناء مروره من الأنابيب إلى خزان المحلول . ويساعد وضع عددٍ من الحواجز فى طريقه إلى زيادة اختلاطه بالهواء (Resh ١٩٨٥) .

تقنية الغشاء المغذى

تتواجـــد جــذور النباتسات فــى تقــنية الغشاء المغـــذى Nutrient Film Technique (اختصارًا : NFT) فى قناةٍ ضيقةٍ مغلقة ، ينساب فيها المحلول المغذى بصورةٍ دائمةٍ عـلى شكـل غشـاء بسمك حوالى ثلاثة ملليمترات ؛ بحيث تبلل الجذور ـ على الدوام – بمحلولٍ مغذٍ متجدد ، فى الوقت الذى يبقى فيه جل المجموع الجذرى للنبات معرضًا للهواء فى مستوى أعلى من مستوى المحلول المغذى ، الذى لا ينغمر فيه سوى نسبةٍ يسيرةٍ من جذور النباتات . ولأن الجذور الــتى فــى الهواء تكون دائما محاطةً بغشاءٍ من المحلول المغذى ؛ لذا . . كان الاسم « تقنية الغشاء المغذى » .

وقد ابتكر هذه النوعية من المزارع المائية العالم Allen Cooper فى المملكة المتحدة عام ١٩٦٥ . ومنذ ذلك الحين انتشرت تقنية الغشاء المغذى فى أنحاءٍ عديدةٍ من

العالم ، خاصة فى أوروبا ، وأمريكا الشمالية ، وبعض دول جنوب شرق آسيا مثل اليابان وكوريا الجنوبية .

ويطلق على هذه المزارع ـ أحيانًا ـ اسم تقنية المحلول المغذى المتدفق Nutrient Flow Technique ، بالنظر إلى استمرار تدفق المحلول المغذى خلال المزرعة بصورةٍ دائمةٍ .

وقد قدم A. Cooper لهذه النوعية من المزارع ـ بالتفصيل ـ فى كتابة Nutrient Film Technique (Cooper ١٩٧٩) .

مميزات وعيوب تقنية الغشاء المغذى

المميزات

من أهم مميزات تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ ـ لا حاجة إلى التعقيم بين الزراعات المتتالية ؛ نظرًا لأن الأغشية البلاستيكية لا يعاد استعمالها . وفى ذلك توفير فى الطاقة والجهد والوقت ، بالإضافة إلى تقليل احتمالات تلوث البيئة ومصادر المياه بالمبيدات المستخدمة فى التعقيم . ويكفى مجرد غسل قنوات الزراعة وخزان المحلول المغذى والأنابيب بالفورمالين بتركيز ٢ ٪ بين الزراعات المتتالية .

٢ ـ التوفير فى الماء ؛ نظرًا لأن المحلول المغذى يمر فى نظامٍ مغلقٍ ؛ فلا يتعرض للتبخر .

٣ ـ أدت بساطة الفكرة التى يقوم عليها النظام إلى تطويره ؛ ليعمل بصورةٍ آليةٍ كليا تقريبًا .

٤ ـ يناسب النظام عديد من المحاصيل ، ويتميز بالإنتاجية العالية مع الجودة .

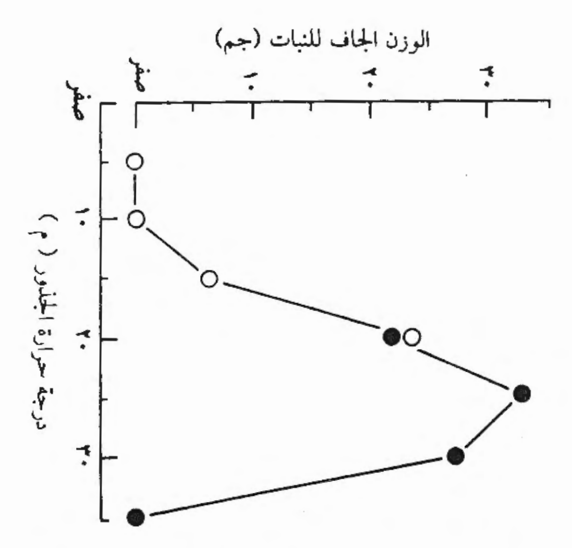
٥ ـ بسبب سهولة التحكم فى بيئة نمو الجذور فى هذا النظام ، فإنه يمكن التحكم فى النمو النباتى بصورةٍ أفضل ؛ ويتحقق ذلك من خلال التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى ، ودرجة توصيله الكهربائى (EC) ، والتدفق المتقطع intermittent flow للمحلول المغذى (عن Burrage ١٩٩٣) .

٦ ـ يمكن مكافحة الأمراض والآفات بسهولةٍ بإضافة المبيدات الجهازية التى تُمتص عن طريق الجذور إلى المحلول المغذى .

٧ ـ انخفاض التكلفة الإنشائية نسبيا .

٨ ـ تعد من أنسب أنواع المزارع المائية لدول الشرق الأوسط التى تكون أراضيها الرملية جيريةً ، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة .

٩ ـ مــن السهولة بمكانٍ تدفئة أو تبريد المحلول المغذى ؛ بحيث تبقى درجة حرارته ـ دائمًا ـ فى المدى المناسب للنمو النباتى ، والذى يبلغ حوالى ٢٦ ـ ٢٧ْ للطماطم ، و ٢٩ْم للخيار . ففى الطماطم ـ على سبيل المثال ـ تغير نمو النباتات بتغير درجة حرارة المحلول المغذى من ٥ْ إلى ٣٥ْم ، علمًا بأن درجة حرارة الهواء كانت ثابتةً عند ٢٠ْم (شكل ٦-٢) . وقد صاحبت هذه الزيادة فى النمو النباتى زيادة مماثلة فى امتصاص النباتات من العناصر ، على الرغم من أن نسبة العناصر ظلت ثابتةً فى الأنسجة النباتية عند مختلف درجات الحرارة المستعملة .



شكل (٦ ـ ٢) : تأثير درجة حرارة المحلول المغذى ـ فى مزرعة تقنية الغشاء المغذى ـ على الوزن الجاف لنباتات الطماطم عند ثبات درجة حرارة الهواء ـ ليلاً ونهاراً ـ عند ٢٠ْ م. تمثل الدوائر البيضاء والسوداء فى الشكل قيمًا حُصِلَ عليها فى تجربتين مختلفتين .

يلاحظ من شكل (٦ ـ ٢) أن نمو نباتات الطماطم يتوقف عندما تبلغ حرارة المحلول المغذى ١٠ْم أو ٣٥ْم ، وأن درجة الحرارة المثلى للنمو تقع بين ٢٦ْ و ٢٧ْم . ولكن يجب إما أن تبقى درجة الحرارة المحلول المغذى ثابتة ليلاً ونهارًا ، وإما أن تكون أعلى نهارًا منها ليلاً ؛ لأن عكس ذلك يكون له تأثير سيئ على النمو النباتي . ولكل محصولٍ درجة الحرارة المثلى والعظمى الخاصة به .

١٠ ـ كذلك قد تفيد تدفئة المحاليل المغذية فى توفير قدرٍ ـ ولو ضئيل ـ من الحرارة للنموات الخضرية قد يحميها من أضرار الصقيع ، خاصة عندما تقام مزارع تقنية الغشاء المغذى خارج البيوت المحمية فى المناطق التى تقترب فيها الحرارة ليلاً من درجة التجمد .

وأبسط الوسائل لتدفئة المحاليل المغذية هى بوضع سخانٍ كهربائيّ ـ يتصل بمنظم حرارة ـ مغمورًا فى خزان المحلول (على ألا يكون السخان من النحاس) ولكن تكلفة التشغيل بهذه الطريقة تكون عاليةً ، ويفضل عليها استعمال ملفاتٍ من الصلب غير القابل للصدأ يمر فيها ماء ساخن أو بخار مع استعمال الزيت أو الغاز كمصدرٍ للطاقة ويكفى نحو ١٢ مترًا من ملفات بقطر ٥ سنتيمترات لتدفئة المحلول المغذى اللازم لكل هكتار من مزارع تقنية الغشاء المغذى .

١١ ـ قد يمكن الاستفادة من قدرة البكتريا التابعة للجنس Rhizobium على تثبيت آزوت الهواء الجوى فى جذور البقوليات فى إمداد النباتات غير البقولية باحتياجاتها من هذا العنصر ؛ وذلك بزراعتها مع النباتات البقولية ـ بنسبةٍ معينةٍ من كلٍّ منهما ـ فى مزرعةٍ واحدةٍ ؛ حيث يؤدى تسرب النيتروجين من جذور النباتات البقولية إلى توفره فى المحلول المغذى ؛ لكى تستفيد منه النباتات غير البقولية . وعلى الرغم من أن تركيز الآزوت يكون فى هذه الحالة منخفضًا ، إلاّ أن المهم هو تأمين استمرار تواجده بألا تنخفض نسبة النباتات البقولية فى المزرعة عن حدٍّ معين .

١٢ – قد يكون من الممكن إقامة مزارع تقنية الغشاء المغذى بجانب الأنهار مع استعمال مياه النهر ـ مباشرة ـ ودون أية إضافات من العناصر المغذية . ومما يؤيد

ذلك أن مياه الأنهار تستعمل بالفعل فى إنتاج محصولٍ قوىّ النمو من الكرسون المائى بطريقة تتدفق فيها مياه النهر على مزارع الكرسون المائى ـ بصورةٍ مستمرة ـ لتعود المياه إلى النهر مرةً أخرى بعد مرورها على طولٍ معين ـ لا تتعداه ـ من المزرعة . كذلك تنمو الأعشاب المائية بغزارةٍ على مياه الأنهار ، وتعتمد فى نموها على العناصر المغذية التى تتوفر فى هذه المياه .

وليس بمستغربٍ أن تكفى التركيزات المنخفضة من العناصر الضرورية ـ التى تتوفر فى مياه الأنهار ـ حاجة النباتات من تلك العناصر ما دامت هذه المياه متجددةً على الدوام كما فى حالتى الأعشاب المائية ومزارع كرسون الماء ؛ وهو الشرط الذى يجب أن يتحقق ـ كذلك ـ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى . فمياه النهر يجب أن تتدفق مرةً واحدةً خلال المزرعة ، ثم تعود إلى النهر مرةً أخرى ، كما يجب ألا يزيد طول قنوات المزرعة عن حدٍّ معين ، وإلا تعرضت النباتات التى توجد فى نهاياتها لنقصٍ فى العناصر المغذية .

وجدير بالذكر أن الزراعة بهذه الطريقة لا تحتاج إلى أكثر من قنوات تقنية الغشاء المغذى ؛ فالماء يمكن رفعه إلى خزاناتٍ بالوسائل البدائية ، ويُتْرَك لينساب من خلال قنوات الزراعة دون أية إضافاتٍ من الأسمدة ، أو تعديلٍ للـ pH ، أو ضخٍّ . . . إلخ .

١٣ ـ الاستفادة من مزارع تقنية الغشاء المغذى فى تنقية مياه المزارع السمكية :

نجد فى المزارع السمكية أن براز السمك يجعل الماء غنيا بالعناصر الغذائية ، ولكنه يُفسد الماء بالنسبة للسمك ، الأمر الذى يتطلب تغيير الماء على فتراتٍ متقاربة . وإذا لم تتم معالجة هذا الماء قبل التخلص منه فإنه قد يؤدى إلى تلوث البيئة . ولكن من حسن الحظ أن الـ pH ودرجة الحرارة المناسبتين للماء المستعمل فى تربية الأسماك يناسبان كذلك مزارع تقنية الغشاء المغذى ؛ الأمر الذى قد يمكن معه استعمال هذه المياه فى تلك المزارع دونما حاجةٍ إلى معالجتها قبل التخلص منها ، بل إنه قد يمكن إعادة استعمالها من جديدٍ فى مزارع الأسماك بعد تنقيتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى .

ولكى تتم عملية تنقية المياه بصورةٍ سليمةٍ يجب أن يُضخ الماء لمرةٍ واحدةٍ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بمعدلٍ ثابتٍ ليلاً ونهارًا ؛ وهو ما يتطلب وجود تلك المزارع مجاورةً للمزارع السمكية وبمساحاتٍ تتناسب مع كمية المياه الناتجة من المزارع السمكية والتى يُراد معالجتها . وقد يتطلب الأمر زيادة مساحة مزارع تقنية الغشاء المغذى شتاءً ؛ نظرًا لبطء النمو النباتى خلال فترة انخفاض درجة الحرارة شتاءً ، وقلة حاجة النباتات إلى الماء آنذاك .

وقد جُرِّبت هذه الطريقة فى إنتاج عشبٍ grass لتغذية الحيوانات ، اعتمد فى نموه على العناصر التى كانت متوفرةً فى مياه تربية الأسماك ، والتى كانت كما يلى بالجزء فى المليون (عن Cooper ١٩٧٩) :

الكالسيوم : ٢٢ ـ ٢٦	المغنيسيوم : ٣,٤ ـ ٧,١	السيليكون : ٣,٧ ـ ٤,٢
الكلوريد : ١٨ ـ ٢٥	النيتروجين : ٠,٦ ـ ٠,٩	الصوديوم : ٩ ـ ١٠
النحاس : أقل من ٠,٠١	الفوسفور : ٠,٢ ـ ٠,٥	الزنك : أقل من ٠,٠١
الحديد : ٠,٣ ـ ٠,٦	البوتاسيوم : ٢,٥ ـ ٢,٨	

وقد أثبتت دراسات McMurtry وآخرين (١٩٩٣) التى جمعوا فيها بين مزارع الأسماك ومزارع الطماطم المائية (بتمرير مياه الأسماك على مزارع الطماطم فى نظامٍ مغلقٍ) أن النواتج الأيضية لكل كيلو جرامٍ واحدٍ زيادة فى النمو السمكى كانت كافية لتغذية نباتين من الطماطم لمدة ثلاثة شهور ، علمًا بأن الأسماك كانت تعطى غذاءً يحتوى على ٣٢ ٪ بروتينًا .

كذلك قام Quilleré وآخرون (١٩٩٣) بالجمع بين السمك (من النوع Oreochromis niloticus) ، والنباتات (الطماطم) ، والبكتيريا (التى تقوم بتحليل براز السمك ليناسب النباتات) فى نظامٍ بيئيٍّ واحدٍ مغلقٍ أمكن فيه التوفير فى مياه تربية الأسماك ، وتوفير الأسمدة اللازمة للنمو النباتى ، وتجنب التلوث البيئى . وقد زودِ النظام بالبكتريا من خلال فلترٍ حبيبىٍّ احتوى على البكتريا

المرغوبة ، ووضع بين حوض تربية السمك ومزرعة الطماطم . وكانت نتائج هذه الدراسة مرضيةً ؛ حيث ثبت مستوى المركبات النيتروجينية ـ خاصة النترات ـ فى مياه تربية الأسماك عند مستوى منخفض ، فى الوقت الذى تكوّن فيه نمو نباتى جيد .

العيوب

من أهم عيوب تقنية الغشاء المغذى ما يلى :

١ ـ سرعة انتشار الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ، ولكن يفترض دائمًا اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول هذه الأمراض إلى المزرعة ، خاصة أنها تكون فى البداية خاليةً تمامًا منها .

٢ ـ احتمال إصابة قاعدة ساق النبات بما يشبه الاحتراق ؛ نتيجة تراكم الملح على قاعدة النبات بالقرب من مكان تلامس الساق مع غشاء المحلول المغذى . ولا يحدث ذلك إلاّ إذا كان المحلول راكدًا فى هذه المنطقة (وهو الأمر الذى يحدث إن كان بها انخفاض) ، أو إن كان غشاء المحلول المغذى أكبر سمكًا من اللازم . وتعالج هذه المشكلة بالاهتمام بهندسة النظام لضمان تدفق المحلول المغذى فى غشاء بالسمك المناسب .

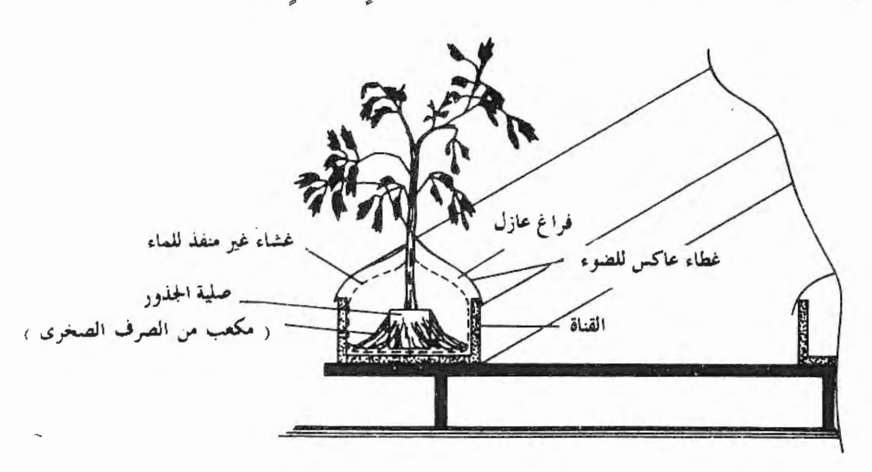
٣ ـ احتمال توقف مضخة المحلول المغذى عن العمل ؛ إما بسبب انقطاع التيار الكهربائى ، وإما بسبب خلل بالمضخة ذاتها ، ويتطلب ذلك توفر مولد كهربائى يعمل تلقائيا عند انقطاع التيار الكهربائى ، وتواجد مضختين تعملان بالتبادل لتأمين استمرار ضخّ المحلول المغذى فى حالة تَعَطُّل إحداهما عن العمل .

٤ ـ الحاجة إلى أفراد ذوى مستوى عالٍ من الخبرة والكفاءة لإدارة هذه المزارع .

تصميم مزارع تقنية الغشاء المغذى

يتم أولاً إعداد قنواتٍ مستويةٍ تمامًا وخاليةٍ من أية تعرجاتٍ، وتوضع على أرضيةٍ من الأسمنت تميل بمقدار ١ ٪ وتصنع هذه القنوات من الخشب ، أو البلاستيك، أو

المعدن ، أو الأسمنت (شكل ٦ ـ ٢). وترجع أهمية استواء القنوات إلى عدم إعطاء أية فرصةٍ لتوقف المحلول المغذى بأية انخفاضاتٍ قد توجد بها ؛ نظرًا لأن البقع الراكدة تصبح خاليةً من الأكسجين بعد فترةٍ قصيرةٍ من تنفس الجذور



شكل (٦ ـ ٣) : قناة تقنية الغشاء المغذى ، وقد بطنت بالبوليثيلين .

يبلغ عرض القنوات ـ عادة ـ ٢٣ سم ، وارتفاعها ٥ سم فى مزارع الطماطم والخيار ، أما طولها ، فيجب ألا يزيد على ٣٠ ـ ٤٠ مترًا كحدٍّ أقصى ، ويجب أن تكون غير منفذة للماء . وفى حالة صنعها من مواد منفذةٍ للماء ، فإنه يلزم تبطينها بغشاءٍ بلاستيكيٍّ . وفى هذه الحالة يجب أن يكون الغشاء عريضًا بالقدر الذى يكفى لتغطية قمة القناة ومكعبات إكثار الشتلات . ويستعمل لذلك الغرض غشاء بلاستيكى بسمك ١٣٠ ميكرونًا على الأقل ؛ لأن الأغشية الأقل سمكًا من ذلك يمكن أن تلتصق بها الجذور وتتشابك ؛ مما يجعل المحلول المغذى يمر من حول الجذور ، بدلاً من أن يمر من خلالها . أما القنوات التى تصنع من مواد غير منفذةٍ للماء ، فإنها لا تحتاج إلى تبطين ، ولكنها تحتاج إلى غطاء ، وقد يكون هذا الغطاء من البلاستيك أو أية مادةٍ غير صلبة .

وترجع أهمية أغطية القنوات إلى كونها :

١ ـ تمنع فقد الماء بالتبخر .

٢ ـ تحجب الضوء عن القنوات ؛ فتمنع بذلك نمو الطحالب التى تمتص الغذاء ، وتؤدى إلى بطء انسياب غشاء المحلول المغذى .

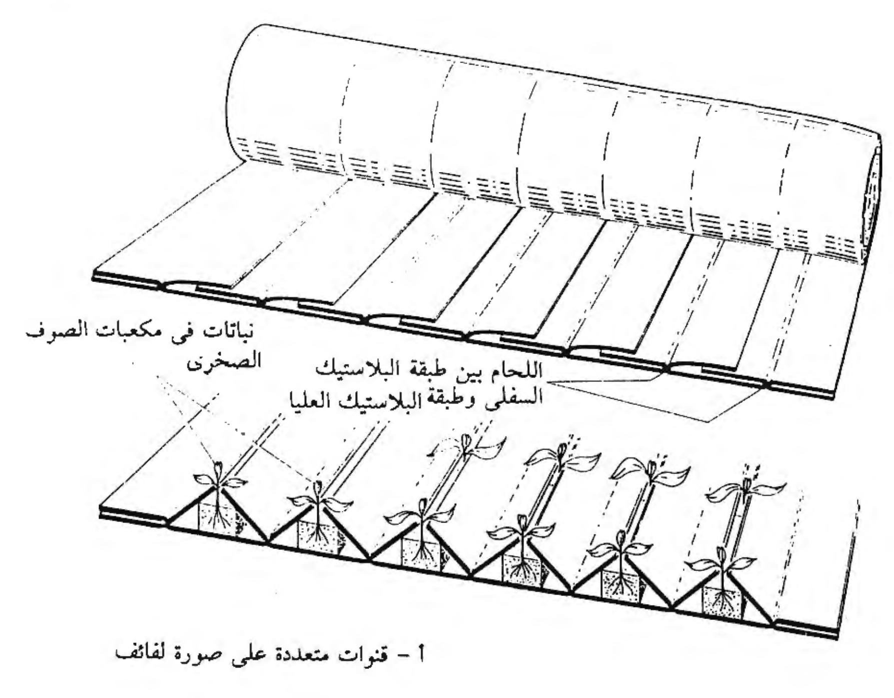
٣ ـ تساعد على التحكم فى درجة حرارة الجذور .

ومن المفضل أن يكون السطح الخارجى لأغطية القنوات أبيض أو فضى اللون ؛ لتقليل اكتساب الحرارة ، وللعمل على عكس الضوء وتشتيته حول النباتات التى قد تكون بحاجةٍ إليه فى المناطق والظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة . هذا .. بينما يؤدى الغطاء الأسود إلى رفع درجة حرارة الهواء كثيرًا داخل القنوات فى الأيام الحارة صيفًا إلى القدر الذى قد يضر بالجذور . أما الغطاء البلاستيكى الأبيض فإنه لا يحجب الضوء بالقدر الكافى . وعليه .. فإن الغشاء البلاستيكى المستعمل فى تغطية القنوات يكون ذا لونٍ أسود من الداخل وأبيض من الخارج . وقد تستعمل فى المناطق الشديدة الحرارة أغطية للقنوات عازلة للحرارة تتكون من غشاءين من البلاستيك بينهما مسافة من الهواء الساكن . هذا .. وتتوفر بالأسواق لفائف بوليثيلين جاهزة للاستعمال فى تقنية الغشاء المغذى (شكل ٦ ـ ٤ أ) ، كما تتوفر قنوات متعددة غير مطوية (شكل ٦ ـ ٤ ب) .

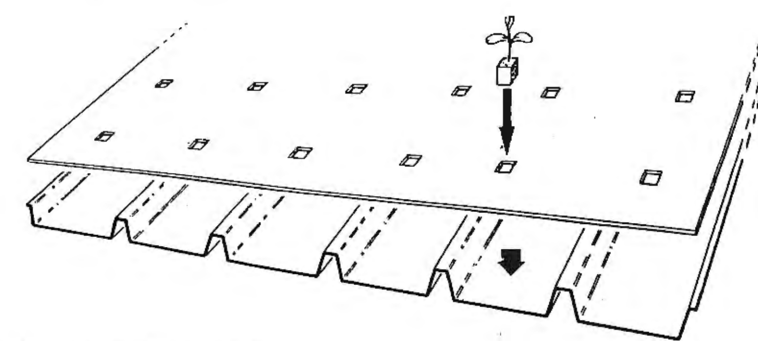
وأيا كانت المواد المواد المستخدمة فى تبطين أو تغطية القنوات ، فإنها يجب ألا تكون سامةً للنباتات ، ويعرف هذا التسمم باسم "Phytotoxicity" ، وهو قد يكون شديدًا للغاية ويؤدى إلى سرعة تدهور النباتات وموتها ، أو أقل تأثيرًا ؛ حيث تعانى النباتات ضعف النمو بدرجاتٍ متفاوتة .

ومن المواد المأمونة الاستعمال فى تبطين القنوات وتغطيتها : البوليثيلين ، والبولى بروبلين والـ Acrylonitrile Butadine Styrene (اختصارًا : ABS) ، والبولى فينايل كلورايد الجامد Rigid PVC .

ومن المواد التى أحدث استعمالها تسممًا للنباتات : البولى فينايل كلورايد المرن Flexible PVC ، والمطاط . كما يجب تجنب استعمال المعادن التى تحتوى على عناصر دقيقةٍ ؛ مثل النحاس ، والزنك ؛ حتى لا تتراكم بتركيزاتٍ عاليةٍ سامةٍ فى المحلول المغذى .



أ - قنوات متعددة على صورة لفائف

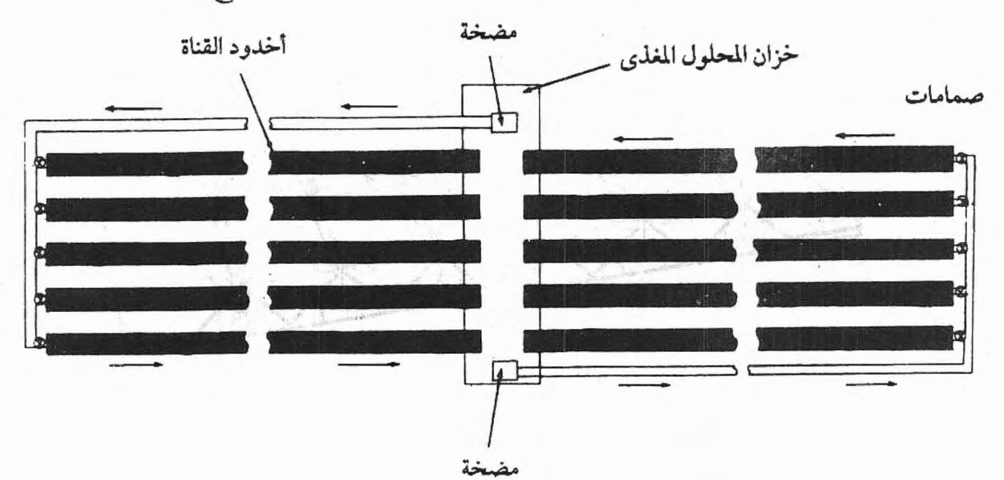


ب - قنوات متعددة جامدة غير مطوية

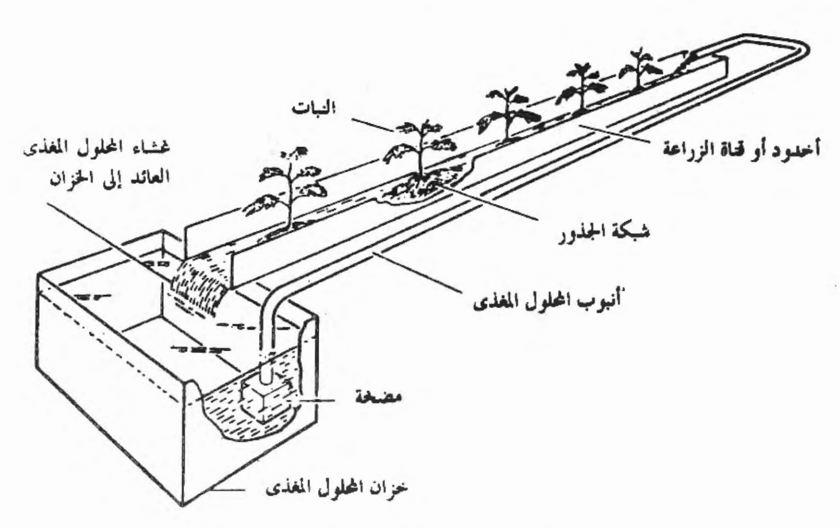
شكل (٦ ـ ٤) : قنوات مزارع تقنية الغشاء المغذى الجاهزة التحضير على صورة لفائف يتم فـردها flexible (أ) ، وأخرى غيرمطوية Rigid (ب) .

يتجمع المحلول المغذى بالجاذبية الأرضية فى خزانٍ يوضع فى نهاية القنوات ، ثم يعاد ضَخُّه من الخزان إلى قناةٍ رئيسية تكون متعامدةً على النهايات العلوية للقنوات ، وتزودها بالمحلول مـن خلال أنابيب رفيعةٍ أو صماماتٍ خاصةٍ (شكلا ٦ ـ ٥ ، ٦ ـ ٦) . ويتم ضبط معدل تدفق المحلول المغذى بحيث يكون على صورة غشاءٍ بسمك

٣ مم على امتداد قاع القناة ؛ لأن زيادة سمكه عن ذلك تؤدى إلى حجب الأكسجين عن الجذور . ولتحقيق ذلك يفضل أن يكون معدل تدفق المحلول المغذى حوالى لترين / دقيقة بكل قناة . ويستمر تدفق المحلول طوال الوقت أحيانًا ، أو لمدة ١٠ دقائق كل ١٥ دقيقةً فى أحيانٍ أخرى . هـذا .. وتخـدم كـل مضخةٍ مساحةً مـن المزرعة تتراوح بين ١٩٠٠ ـ ٢٠٠٠ متر مربع (Wittwer & Honma ١٩٧٩ ، وNelson ١٩٨٥) ، مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط ـ العدد الرابع ١٩٨٥) .



شكل (٦ ـ ٥) : تصميم مزرعة تقنية الغشاء المغذى .



شكل (٦ ـ ٦) : التصور العام لكيفية تصميم قناة الزراعة فى تقنية الغشاء المغذى ، وحركة المحلول المغذى على شكل غشاءٍ رقيقٍ فيها .

وقد درس Evans-McLeod(١٩٩٣) تأثير استعمال محاليل مغذية تباينت فى التركيز الكلى للأملاح فيها بين ٢,٠ ، و ٢,٠ ملليموز / سم ، بمعدلات تدفق تراوحت بين لترين ، و ١٢ لترًا / دقيقة على نمو عدة أصناف من الخس ، ووجد أن تركيزات الأيونات الكلية العالية (١,٢ - ٢,٠ ملليموز / سم) ومعدلات التدفق المنخفضة إلى المتوسطة (لترين إلى ستة لترات / دقيقة) أعطت أفضل النتائج .

ويذكر El-Behairy وآخرون (١٩٩١) أن ضخ المحلول المغذى على فترات (لمدة ١٥ دقيقةً كلما تجمع ٣,٠ ميجاجول MJ من الأشعة القصيرة الموجة / م^{2} داخل الصوبة) فى مزرعة الطماطم أدى إلى زيادة كفاءة استخدام الماء ، وزيادة المحصول المبكر ، ونقص النمو الجذرى ، دون التأثير جوهريا على المحصول الكلى مقارنةً بضخ المحلول المغذى بشكلٍ عاديٍّ على صورة غشاءٍ مستمر .

كذلك وجد Economakis (١٩٩٣) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٢°م مع ضخه على فتراتٍ (لمدة ١٥ دقيقةً متواصلةً فى كل نصف ساعة أو ساعة) أدت إلى زيادة محصول الطماطم المبكر خلال الشهر الأول من الحصاد ، ولكن تلك المعاملة أدت إلى نقص المحصول الكلى مقارنةً بمعاملة التدفق المستمر للمحلول المغذى مع عدم تدفئته .

المحاليل المغذية وخدمتها

تحضير المحاليل المغذية

اقترح A. Cooper استعمال المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٦ - ١)، والذى يبلغ تركيز مختلف العناصر به كما فى جدول (٦ - ٢) . وقد استعمله Cooper مع أكثر من ٥٠ نوعًا من الخضر ونباتات الزينة لمدة ثلاث سنواتٍ متصلةً دون أية مشاكل . هذا . . وتتوفر تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى ، وتباع - عادةً - فى مخلوطين منفصلين يضاف كل

منهما منفردًا إلى خزان المحلول لمنع ترسب الأملاح . وفيما عدا ذلك .. فإن المحاليل المستعملة فى تقنية الغشاء المغذى لا تخرج فى جوهرها عما سبق بيانه فى الفصل الرابع .

جدول (٦ ـ ١) : كميات الأملاح اللازمة لتحضير المحلول المغذى المثالى لمزارع تقنية الغشاء المغذى .

المركب	التركيب الكيميائى	الكمية اللازمة بالجرام / ١٠٠٠ لتر
فوسفات البوتاسوم ثنائى الأيدروجين		٢٦٣
Potassium dihydrogen phosphate	KH_2PO_4	
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	١٠٠٣
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٥١٣
الحديد المخلبى EDTA iron	$[CH_2N(CH_2.COO)_2]_2FeNa$	٧٩
كبريتات المنجنيز	$MnSO_4.H_2O$	٦,١
حامض البوريك	H_3BO_3	١,٧
كبريتات النحاس	$CuSo_4.5H_2O$	٠,٣٩
موليبدات الأمونيوم	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	٠,٣٧
كبريتات الزنك	$ZnSO_47H_2o$	٠,٤٤

وعمليا .. يفضل تحضير محلولين قياسيين مركزين ؛ يحتوى أحدهما على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى فقط ، بينما يحتوى الثانى على جميع الأملاح الأخرى المبينة فى جدول (٦ ـ ١) . ويجرى ذلك بإذابة عشرة أمثال الكميات الموضحة من كل ملحٍ سماديٍّ فى جدول (٦ ـ ١) فى ٤٥ لترًا من الماء لكل محلولٍ قياسيٍّ مركز. فمثلا .. يلزم لتحضير المحلول الأول ١٠٠٣ جرامًا من نترات

الكالسيوم ، و٧٩ جرامًا من الحديد المخلبى تُذاب فى ٤٥ لترًا من الماء . . . وهكذا بالنسبة للمحلول القياسى المركز الثانى ، مع أخذ نسبة نقاوة كل ملح فى الحسبان ؛ لأن الكميات الموضحة فى جدول (٦ ـ ١) حسبت على أساس أن نسبة النقاوة ١٠٠ ٪.

جدول (٦ ـ ٢) : التركيزات المناسبة للعناصر فى المحاليل المغذية التى تستعمل فى تقنية الغشاء المغذى .

العنصر	الرمز	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	N	٢٠٠
الفوسفور	P	٦٠
البوتاسيوم	K	٣٠٠
الكالسيوم	Ca	١٧٠
المغنيسيوم	Mg	٥٠
الحديد	Fe	١٢
المنجنيز	Mn	٢
البورون	B	٠,٣
النحاس	Cu	٠,١
الموليبدنم	Mo	٠,٢
الزنك	Zn	٠,١

ونظرًا لأن تركيز الأملاح فى المحلولين القياسيين المركزين يبلغ ١٠ أمثال التركيز المطلوب فى المحلول المغذى ؛ لذا . . فإن المحلول المغذى يحضر بإضافة المحلولين القياسيين المركزين إلى الماء بمعدل ٤,٥ لترا من كلٍّ منهما لكل ١٠٠٠ لتر من الماء .

ولتجنب حدوث أية ترسباتٍ يتعين بداية ـ إذا لزم الأمر ـ تعديل pH الماء المستخدم فى تحضير المحلول إلى ٦,٠ ، ثم إضافة محلول نترات الكالسيوم مع

الحديد المخلبى والانتظار لفترةٍ (مع تشغيل طلمبة تقليب الماء) ؛ لحين اكتمال خلط المحلول المركز مع الماء ، ثم إضافة المحلول القياسى المركز الثانى ، واستمرار التقليب لفترةٍ أخرى قصيرة .

تجدر الإشارة إلى أن كل النيتروجين المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية للمزارع المائية (مثل تقنية الغشاء المغذى) يجب أن يكون فى صورةٍ نتراتيةٍ ، ويرجع ذلك إلى أن استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين يؤدى إلى تحليق سيقان نباتات الطماطم أعلى مستوى سطح المحلول المغذى مباشرةً ؛ حيث تظهر الأنسجة الخارجية للساق عند هذه النقطة وقد تحللت وأخذت لونًا بنيا ، وعلى الرغم من أن سيقان النباتات البالغة تكون أكثر تحملاً للنيتروجين الأمونيومى ، إلا أنه يضر جذورها بشدةٍ . وحتى لو خفضت نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى ٢٠ ٪ من النيتروجين الكلى فإن نباتات الطماطم الصغيرة تذبل قليلاً خلال الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة.

ويتعين مع ذلك إلقاء مزيدٍ من الضوء على هذه الظاهرة فى المناطق التى تكون مياهها قلويةً ، والتى يناسبها استعمال الصورة الأمونيومية للنيتروجين ؛ لتجنب الارتفاع الشديد فى pH المحلول المغذى ، خاصة وأن ظاهرة التحليق التى أسلفنا بيانها لم تُشَاهَدْ على المحاصيل الأخرى غير الطماطم . كما يجب ـ مع الطماطم ـ تحديد أعلى نسبةٍ من النيتروجين الأمونيومى يمكن استخدامها بأمانٍ مع كل مرحلةٍ من مراحل نمو النباتات .

وتمشـيا مع هـذا الاتجاه وجد Aminuddin (١٩٩٣) أن اليوريا يمكن أن تستعمل كمصدرٍ للنيتروجين فى مـزارع الطمـاطم كبديل للنيتـروجـين النتراتى ، علما بأن تحلل اليوريا إلى أمونيوم فى هذه الدراسة كان سريعًا ؛ ابتداءً من اليوم الرابع لإضافة اليوريا وحـتى اليوم العشـرين ؛ حـيث بلغ تركيز أيون الأمونيوم أعلى مستوى له ، وكان ذلك مصـاحِبًا بزيـادةٍ فى تـركيز الأمونيوم فى أوراق وجذور النباتات .

ويستدل من الدراسات التى أجريت فى اليابان (عن Etoh ١٩٩٤) على أن معظم الخضروات تعطى نموا ممتازًا عندما تكون النترات هى المصدر الوحيد للنيتروجين فى المحاليل المغذية ، بعكس ما إن كانت الأمونيا هى المصدر الوحيد للنيتروجين . وقد تأثر مدى سمية الأمونيوم على النباتات بكل من المحلول المغذى وتركيز الأمونيوم فيه . وأدت إضافة كميات قليلة من النترات إلى الحد من سمية الأمونيوم ، وتحسّن النمو النباتى باستعمال مخلوطٍ من النترات والأمونيوم . وكان أيون الأمونيوم أفضل للنمو النباتى من أيون النترات تحت ظروف الإضاءة العالية والتركيزات المرتفعة من غاز ثانى أكسيد الكربون .

ويتبين من دراسات Jung وآخرين (١٩٩٤) على الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى : النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى من صفر : ١٠ إلى ٢ : ٨ أدت إلى نقص مساحة الأوراق الكلية ووزنها الجاف فى النباتات التى عُرضّت للإشعاع الشمسى القوى ، كما كان ذلك مصاحبًا بنقصٍ فى معدل البناء الضوئى ، ولكن حدث العكس فى النباتات التى عُرّضت لتظليلٍ جزئىٍّ ؛ ولذا . . أوصى الباحثون باستعمال نيتروجينٍ نتراتىٍ فقط - عند التغذية بالمحاليل المغذية - فى ظروف الإضاءة القوية ، واستعمال نسبة ١ : ٩ أو ٢ : ٨ نيتروجينًا أمونيوميا : نيتروجينًا نتراتيا فى ظروف الإضاءة الضعيفة .

وفى الخس . . وجد Gunes وآخرون (١٩٩٤) أن استبدال اليوريا ، أو سماد البروتينيت Proteinate (وهو سماد تركى يحتوى على نيتروجينٍ بنسبة ٨ ٪ على صورة أحماضٍ أمينيةٍ ، و ٨ ٪ أخرى على صورةٍ نيتراتية) بـ ٢٠ ٪ من النيتروجين النتراتى فى محلولٍ مغذٍّ يحتوى على ١٣,٤ مللى مولار نيتروجين (بنسبة ٩٤ نيتروجينًا نتراتيا إلىّ ٦ ٪ نيتروجينًا أمونيوميا) لم يكن له تأثيرات معنوية على الوزن الطازج الكلى للنباتات عند الحصاد ، أو على محتوى النباتات الكلى من النيتروجين ، ولكن معاملتى اليوريا وسماد البروتينيت أحدثتا نقصًا كبيرًا فى محتوى النباتات من النيتروجين النتراتى .

خدمة المحاليل المغذية

تستعمل المحاليل المغذية - عادةً - لمدة أسبوعين ، ثم يستغنى عنها وتحضر محاليل جديدة ، وقد تستعمل لمدٍ أطول من ذلك . وفى كل الحالات يلزم تعويض الماء

المفقود بالنتح يوميا ؛ حتى يظل حجم المحلول ثابتًا . ويمكن أن يتم ذلك بأن يركب على مصدر الماء الذى يصب فى خزان المحلول صمام يفتح ويغلق آليا بواسطة عوامةٍ خاصة .

وسواء استعمل المحلول المغذى لمدة أسبوعين أم لمدةٍ أطول من ذلك ، فإنه يلزم اختباره يوميا لتقدير الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC). فالـ pH يجب أن يظل دائمًا فى حدود ٦ ـ ٦,٥ ، ويعدل عند الضرورة بإضافة أيدروكسيد البوتاسيوم فى حالة انخفاض الـ pH عن ٦ ، أو حامض الكبريتيك عند ارتفاعه عن ٦,٥ . كما أن درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى المقترح استعماله (جدول ٦ ـ ١) تقدر بنحو ٣ ملليموز ، فإذا انخفضت مع الاستعمال إلى ٢ ملليموز لزمت إضافة جميع المركبات المستعملة فى تحضير المحلول بالقدر الذى يكفى لإعادة القراءة إلى ٣ ملليموز، ويمكن أن يتم ذلك كله آليا .

وتجدر الإشارة ـ فى هذا المقام ـ إلى أن النباتات يناسبها مدى واسع للغاية من تركيز العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ؛ فبالنسبة للطماطم ـ مثلاً ـ لم يختلف النمو النباتى ، والمحصول ، أو حتى امتصاص العناصر عندما تراوح مدى النيتروجين بين ١٠ أجزاء فى المليون و٣٢٠ جزءًا فى المليون ، ومدى الفوسفور بين ٥ أجزاء فى المليون و ٢٠٠ جزءًا فى المليون ، ومدى البوتاسيوم بين ٢٠ جزءًا فى المليون و ٣٧٥ جزءًا فى المليون ، ويرجع ذلك إلى أن المحلول المغذى يتدفق باستمرار حول الجذور ، ولا تعانى النباتات مشكلة نقص العناصر أو زيادة تركيزها ؛ ولذا .. كان مجرد قياس درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى كافيا للتعرف على محتواه من العناصر المغذية .

وقد أوضحت دراسات Schacht & Schenk (١٩٩٥) على الخيار ـ فى مزرعةٍ مائيةٍ مغلقة ـ أن النسبة ظلت ثابتةً بين معدل امتصاص النباتات للنيتروجين ومعدلِ امتصاصها من كلٍّ من الفوسفور والبوتاسيوم خلال مختلف مراحل النمو ؛ الأمر الذى يمكن معه الاستدلال على معدل استنفاذ العناصر من المحلول المغذى بقياس مدى استنفاذ النيتروجين منه على فترات .

أما بالنسبة لتوفر الأكسجين اللازم لتنفس الجذور ، فإنه لا يقل فى تقنية الغشاء المغذى عما فى الأراضى الجيدة الصرف ؛ لأن المحلول المغذى يتعرض دائمًا للهواء ، كما أنه يتدفق ويختلط بالهواء فى أماكن تساقط المحلول فى الخزان وفى الغشاء المغذى الذى ينحدر قليلاً على امتداد قاع القناة .

وبينما نجد أن الأكسجين يصل إلى جذور النباتات النامية فى التربة مباشرةً من فراغات التربة المملوءة بالهواء ، فإنه يصل إلى جذور النباتات النامية فى المحلول المغذى مع تيار المحلول المحتوى على الأكسجين الذائب ؛ وعليه . . فإن المحلول المغذى يجب أن يتحرك بحريةٍ حول الجذور ، حتى يمدها بحاجاتها من الغاز . فإذا توقفت حركة المحلول بين تفرعات الجذور الكثيفة ، فإن الأكسجين يقل كثيراً حولها، بينما يزداد تركيز الغازات الناتجة من نشاط وتنفس الجذور ؛ مثل ثانى أكسيد الكربون ، والإيثيلين ، وأكسيد ثنائى النيتروجين dinitrogen oxide .

وقد وجد بالفعل أن الأصص المحتوية على بيئاتٍ قوامها البيت والرمل ، والتى استخدمت فى تثبيت النباتات فى تقنية الغشاء المغذى كانت سيئة التهوية ، وقلّ فيها كثيرًا تركيز الأكسجين . وقد أدى استبدال هذه البيئات بأخرى غير عضويةٍ أكثر مساميةً ـ مثل البرليت ، أو الصوف الصخرى ـ إلى التخلص تمامًا تقريبًا من أعراض سوء التهوية (Jackson وآخرون ١٩٨٤) .

وعلى الرغم من أن كثافة النمو الجذرى فى مجرى القناة قد تحول دون سرعة انسياب المحلول المغذى من خلالها ؛ مما يؤدى إلى حدوث نقصٍ فى الأكسجين فى المحلول الموجود فى المنطقة المحيطة بالجذور مباشرة ، إلا أن وجود المحلول المغذى على صورة غشاءٍ ـ لا يزيد سمكه على ٣ مم ـ يجعل معظم الجذور معرضةً دائمًا للهواء ؛ ولذلك تحصل منه على حاجتها من الأكسجين ؛ ولذا . . فإن وجود المحلول المغذى على صورة غشاءً بهذا السمك يعد شرطًا أساسيا لنمو النباتات بصورةٍ طبيعيةٍ فى هذه النوعية من المزارع ؛ فبدون توفر هذا الشرط يكون الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى هو المصدر الوحيد للأكسجين اللازم لتنفس

الجذور ، وبينما تحصل عليه النباتات التى فى بداية خط الزراعة ، فإن باقى النباتات فى الخط تعانى نقص الغاز .

ولتأمين تواجد المحلول فى صورة غشاءٍ رقيق تتعين مراعاة ما يلى :

١ ـ أن يكون قاع القناة المنحدرة خاليًا تمامًا من أية انخفاضاتٍ ـ ولو لعدة ملليمترات ـ حتى لا يَرْكد فيها جزء من المحلول المغذى .

٢ ـ أن يكون معدل ضخ المحلول المغذى فى القناة معتدلاً ؛ حتى لا تؤدى سرعة تدفقه إلى تواجده بعمقٍ كبيرٍ غير مناسب .

٣ ـ ألا تكون القنوات ضيقة أكثر من اللازم ؛ حتى لا تنحصر فيها الجذور بصورةٍ تعوق تدفق المحلول المغذى .

٤ ـ أن تكون قاعدة القناة مستويةً وليست مقوسةً ؛ حتى لا يتواجد المحلول المغذى بعمقٍ زائدٍ فى منتصف القناة .

طريقة الزراعة فى مزارع تقنية الغشاء المغذى

تكثر النباتات التى يراد زراعتها فى مزارع تقنية الغشاء المغذى فى أوعيةٍ خاصةٍ ؛ مثل : أصص البيت ، أو مكعبات الصوف الصخرى ، أو أقراص الجفى. ويفضل استعمال مكعبات الصوف الصخرى ؛ حتى لا يؤدى البيت موس الموجود فى الأوعية الأخرى إلى انسداد قنوات الزراعة وسوء التهوية كما سبق بيانه . وتوضع الأصص فى القناة ، ويحافظ على النباتات فى مكانها بضم البلاستيك بمشابك الغسيل أو بالدبابيس (شكل ٦ ـ ٧) مع ربطها من قاعدتها فى خيوط تتدلى من الأسلاك العلوية لتبقى ناميةً رأسيا (شكل ٦ ـ ٨) ، يوجد فى آخر الكتاب) .



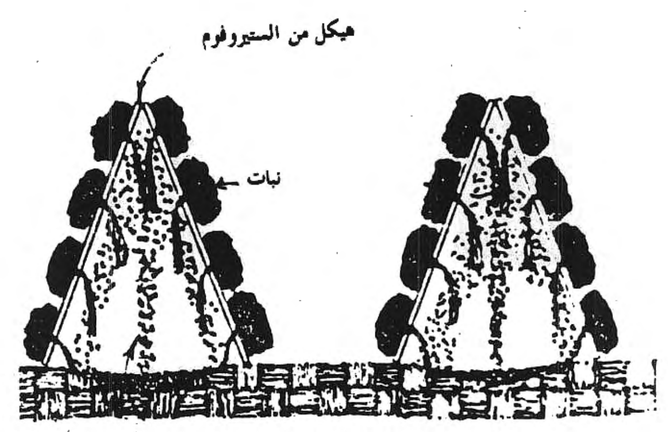
شكل (٦ ـ ٧) : وضع شتلات الطماطم على المسافات المرغوبة فى قاع قناة تقنية الغشاء المغذى ، ثم ضم البلاستيك عليها باستعمال دباسة (مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط) .

توفر المزارع الهوائية أفضل تهويةٍ ممكنة للجذور ؛ علما بأن النسبة الطبيعية للأكسجين فى الهواء الجوى (٢٠ ٪) هى أفضل نسبة للنمو النباتى . ففى دراسة أجراها Yand & Yang (١٩٩١) على الطماطم فى مزرعةٍ هوائيةٍ ، عُرِّضت فيها الجذور للأكسجين بنسبة ١٠ ٪ أو ٢٠ ٪ ، أو ٣٠ ٪ ، أو ٤٠ ٪ ، كان أفضل نموٍّ خضريٍّ عندما عُرِّضت الجذور لـ ٢٠ ٪ أو ٣٠ ٪ أوكسجينًا ، علمًا بأن معدل البناء الضوئى تضاعف فى هذه الظروف مقارنةً بمعاملة تعريض الجذور لنسبة ١٠ ٪ أو ٤٠ ٪ أوكسجينًا ، كما تأثر النمو الجذرى سلبيا بمعاملة التعريض لـ ٤٠ ٪ أوكسجينًا .

المزارع الهوائية

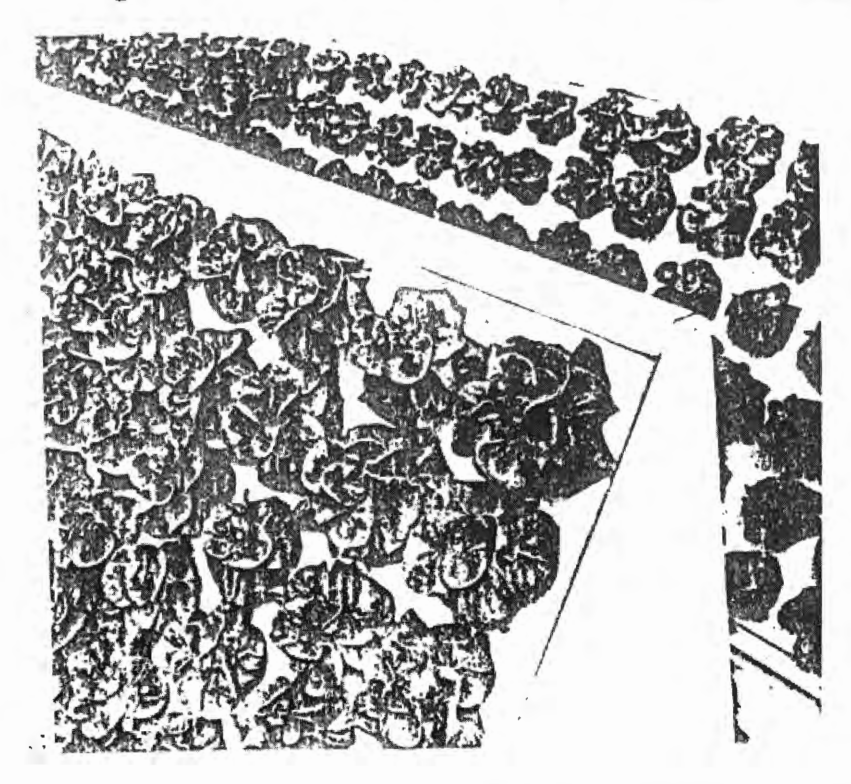
تظل جذور النباتات فى المزارع الهوائية Aeroponics عالقةً فى حيزٍ مغلقٍ، مع تعريضها بصورةٍ منتظمةٍ للمحلول المغذى فى صورة رذاذٍ (مست) ؛ وبذلك تحصل

النباتات على حاجتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتنفس الجذور التى تبقى فى هواءٍ تبلغ رطوبته النسبية ١٠٠ ٪ . ويحقق هذا النظام أكبر استفادةٍ ممكنةٍ من المساحة المتوفرة من البيوت المحمية ؛ نظرًا لأن النباتات تثبت فى ثقوبٍ على جانبى هيكلٍ على شكل حرف A (شكل ٦ ـ ٩) . وقد استخدمت هذه المزارع فى إنتاج الخس (شكل ٦ ـ ١٠) (Collins & Jensen ١٩٨٣) .



شكل (٦ ـ ٩) : مقطع فى مزرعةٍ هوائيةٍ تزرع فيها النباتات على جانبى هياكل بشكل حرف A ، وتروى بضخ المحلول المغذى على جذورها فى صورة رذاذٍ (مست) .

وتناسب المزارع الهوائية محصول الخس إلى حدٍّ كبيرٍ مقارنةً بالمزارع المائية . فمثلا . . وجد Ha وآخرون (١٩٩٣) أن الوزن الطازج والجاف للأوراق فى مزرعةٍ هوائيةٍ كان أكثر من ضعف وزنها فى مزرعةٍ مائيةٍ ، وازداد الفارق بينهما عندما استعملت تركيزات مخففة من المحلول المغذى ـ وصلت إلى ربع التركيز العادى ـ حيث بلغ الوزن الطازج للأوراق فى المزرعة الهوائية أكثر من أربعة أمثال وزنها فى المزرعة المائية .



شكل (٦ ـ ١٠) : إنتاج الخس فى المزارع الهوائية .

الفصل السابع

أساسيات إنتاج الخضر فى البيوت المحمية

نلقى الضوء فى هذا الفصل على جوانب أساسيات إنتاج الخضر التى تتعلق بالزراعات المحمية ، ويمكن لمن يرغب فى الاطلاع على مزيدٍ من التفاصيل عن الأسس العامة لإنتاج الخضر الرجوع إلى كتابَىْ « أساسيات وفسيولوجيا الخضر » (١٩٩٧ أ) ، و « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (١٩٩٧ ب) للمؤلف .

الاحتياجات البيئية

إن أهم ما تتميز به الزراعات المحمية هو إمكانية التحكم البيئى فيها ؛ بما يسمح بإنتاج الخضر فى غير مواسمها ، مع توفير أكثر الظروف ملاءمةً لنمو وتطور النباتات (موضوع الفصل الثالث) . ويبين جدول (٧ ـ ١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لمختلف مراحل النمو فى أهم محاصيل الزراعات المحمية .

عمليات إعداد الأرض للزراعة

تأمين نظام جيدٍ للصرف

يلزم ـ بدايةً ـ تأمين نظام صرفٍ (بزل) جيدٍ للصوبات قبل استخدامها فى الزراعة . وفى معظم الدول العربية تقام البيوت المحمية على أراضٍ رمليةٍ عالية المسامية والنفاذية ، لا تحتاج إلى عمل نظامٍ خاصٍّ للصرف فيها . ولكن عندما تكون تربة البيوت المحمية ضعيفة النفاذية ، أو عندما يكون منسوب الماء الأرضى مرتفعًا ، فإنه من الضرورى توفير نظامٍ جيدٍ للصرف ، وأفضلها الصرف المغطى ، ولكن يمكن إنشاء مصارف مكشوفة بين الصوبات ضمن شبكة مصارف المزرعة .

جدول (٧ ـ ١) : درجات الحرارة والرطوبة النسبية الملائمة لمختلف مراحل النمو فى أهم محاصيل الزراعات المحمية (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٨٩) .

مرحلة النمو	الطماطم	الخيار	القاوون	الفلفل	الباذنجان	الفاصوليا
الفترة من زراعة البذرة إلى						
بداية الحصاد (يوم)	١١٠-١٢٠	٥٠-٦٠	١١٥-١٢٥	١١٠-١٢٠	١٠٠-١٢٠	٥٥-٦٥
مدة الحصاد (يوم)	١٢٠-١٥٠	١١٠-١٣٠	٥٥-٧٥	١٣٠-١٨٠	٧٠-١٣٠	٥٠-٧٠
الحرارة المناسبة لإنبات البذور (ْم) :						
الهواء	١٨-٢٠	٢٥-٣٠	٢٢-٢٥	٢٢-٢٥	٢٢-٢٥	١٨-٢٠
التربة	٢٢-٢٥	٢٦-٣٠	٢٥-٢٧	٢٤-٣٠	٢٤-٣٠	٢٠-٢٢
الحرارة المناسبة للنمو الخضرى (ْم) :						
الهواء ليلاً	١٢-١٥	١٨-٢٠	١٣-١٦	١٤-١٦	١٦-١٨	١٦-١٨
الهواء نهاراً	١٨-٢٢	١٥-٣٠	٢٥-٣٦	٢٣-٢٧	٢٣-٢٧	٢٠-٢٥
التربة	١٥-١٨	٢٠-٢٢	١٨-٢٠	١٨-٢٠	١٨-٢٠	١٨-٢٠
الحرارة المناسبة للإزهار والعقد (ْم) :						
الهواء ليلاً	١٤-١٦	١٦-١٨	١٦-١٨	١٦-١٨	١٦-١٨	١٦-١٨
الهواء نهاراً	٢٢-٢٨	٢٣-٣٠	٢٥-٣٠	٢٣-٢٧	٢٣-٢٧	٢٠-٢٥
التربة	١٦-٢٠	٢٠-٢٢	١٨-٢٠	١٨-٢٠	١٨-٢٠	١٨-٢٠
الحرارة المنخفضة (ْم) التى لا يتحملها						
المحصول لأكثر من ٦ ساعات	٤	٦	٥	٥	٥	٤
الحرارة الصغرى (ْم) التى لا يتحملها						
المحصول لأكثر من ٥ أيام	٨	١٢	١١	١٠	١٠	٨
الرطوبة النسبية المناسبة (٪)	٦٠-٦٥	٧٥-٨٥	٥٠-٦٠	٦٠-٧٠	٦٠-٧٠	٦٠-٧٠

وفى مصر تعتمد ٨١ ٪ من الصوبات على الصرف الطبيعى ، بينما يعتمد نحو ٥ ٪ منها على طريقة الصرف المغطى ، و ٧ ٪ على مصارف خاصة مكشوفة ، و ٧ ٪ على المصارف العمومية (عن مشروع الزراعة المحمية ـ مركز البحوث الزراعية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢) .

غسيل الأملاح من التربة

تتبع طريقة الرى بالتنقيط غالبًا فى الزراعات المحمية . وتؤدى هذه الطريقة إلى تراكم الأملاح على سطح التربة . وعلى الرغم من أن تراكم الأملاح يكون بعيدًا عن منطقة نمو الجذور ـ طالما أن النقاطات تعمل بانتظام ـ إلا أن توقف الرى بعد انتهاء المحصول يتبعه تحرك أفقى للأملاح باتجاه النقاطات ، كذلك فإن تغيير مسافة الزراعة أو موضع الجور « الحفر » فى الزراعة التالية يعنى احتمال وجود النباتات فى مناطق قد تركزت فيها الأملاح ؛ ولهذا . . فإنه من الضرورى فى الزراعات المحمية أن تغسل التربة بكميات كبيرةٍ من الماء قبل الزراعة ؛ لإذابة الأملاح وإزاحتها عميقًا فى التربة، ويتطلب ذلك ـ بطبيعة الحال ـ توفر صرفٍ جيدٍ ، وأن تكون التربة عالية النفاذية .

يمكن إضافة المياه اللازمة لغسيل التربة عن طريق شبكة الرى بالتنقيط . وعلى الرغم من كفاءة هذه الطريقة فى إزاحة الأملاح بعيدًا عن الجذور . . إلا أن جزءًا كبيرًا منها لا يغسل عميقًا فى التربة ، وإنما يبقى على سطح التربة ـ أو قريبًا من سطح التربة ـ بين خطوط الرى بالتنقيط ؛ ولذا . . يلزم عند إجراء الغسيل بهذه الطريقة أن تكون خطوط التنقيط فى مواقعها المحددة لها على خطوط الزراعة، التى تتم إقامتها بعد ذلك .

ويعد الرى بالرش أفضل وسيلةٍ لإضافة المياه اللازمة لغسيل التربة ؛ حيث لا يلزم معها إعداد التربة إعدادًا خاصا ، كما أنها لا تؤدى إلى انجراف التربة ، ولكن الزراعات المحمية لا تروى بطريقة الرش ، ولا تكون البيوت المحمية مزودةً ـ عادةً ـ بشبكة للرى بالرش .

وغالبًا . . تتم إضافة المياه اللازمة لغسيل التربة بطريقة الغمر إما بعد تقسيم الصوبة إلى أحواضٍ مساحتها ٢ × ٢م أو ٣ × ٣م (شكل ٧ ـ ١ ، يوجد فى آخر الكتاب) ، وإما بعد إقامة خطوطٍ عميقةٍ تتسع لكميات المياه المقرر إضافتها .

تروى الأرض ريا غزيراً ثلاث ريات متتالية ، وتتوقف كمية المياه المضافة والمدة بين الريات على طبيعة التربة ؛ حيث تقدر بنحو ٠,١م٣ / متر مربع من مساحة الصوبة كل ٤ أيام فى الأراضى الثقيلة ، و ٠,٠٧م٣ / متر مربع من مساحة الصوبة كل يومين فى الأراضى المتوسطة القوام ، و٠,٠٣م٣ / متر مربع من مساحة الصوبة يوميا فى الأراضى الخفيفة القوام ؛ ويعنى ذلك أن كل ١٠٠ م٢ من مساحة الصوبة تحتاج إلى كميةٍ إجماليةٍ من ماء الغسيل (موزعةً على ٣ ريات) تقدر بنحو ٣٠ م٣ فى الأراضى الثقيلة ، و٢١ م٣ فى الأراضى المتوسطة القوام ، و ٩ م٣ فى الأراضى الخفيفة القوام (عن البلتاجى وآخرين ١٩٩١) .

ويفضل إضافة الجبس الزراعى إلى التربة القلوية قبل الرية الأولى (مع خلطة بالطبقة السطحية من التربة) بمعدل ٢٠ كجم / ١٠٠ م٢ من مساحة الصوبة ؛ وذلك بهدف خفض pH التربة.

ويراعى - بعد إجراء عملية الغسيل - عدم زيادة تركيز الأملاح فى التربة عن ٢,٥ ملليموز / سم عند ٢٥ْم فى حالة زراعة الخيار والمحاصيل الحساسة الأخرى ؛ كالفراولة ، والشمام ، والقاوون ، والفاصوليا ، وألا تزيد على ٤,٥ ملليموز / سم فى حالة زراعة المحاصيل المتوسطة الحساسية للملوحة ؛ مثل : الطماطم ، والفلفل ، والباذنجان .

الحراثة

لا تتطلب الأراضى الرملية - عادةً - أكثر من خربشة التربة سطحيا ، ولكن الأراضى الثقيلة تتطلب حرثًا عميقًا . وقد تستعمل المحاريث القلابة ، كما قد تستعمل محاريث تحت سطح التربة . وفى الحالة الأخيرة فإن الحراثة تتم قبل إقامة الصوبات .

وبعد الحراثة يسوى سطح التربة ، كما تُكسّر كتل التربة (القلاقيل) فى الأراضى الثقيلة ؛ لتصبح مهدًا صالحًا للزراعة .

تعقيم التربة

يعتبر تعقيم التربة من العمليات الزراعية الأساسية فى الزراعات المحمية ؛ نظرًا

لأن تكرار زراعة الأرض بمحصولٍ معينٍ على فتراتٍ متقاربةٍ يؤدى إلى تكاثر مسببات الأمراض فيها ؛ مثل : النيماتودا ، وفطريات الذبول ، وأعفان الجذور . ويجرى التعقيم ـ عادةً ـ بعد الحرث ، وقبل إقامة خطوط الزراعة . وقد تناولنا موضوع تعقيم التربة ومخاليط الزراعة ـ بالتفصيل ـ فى كتاب « الأساليب الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر » (حسن ١٩٩٨) ، وفيه يجد القارئ كل ما يتعلق بهذه العملية .

يعد التعقيم الحرارى (بالبخار) أقدم طريقةٍ للتعقيم ، وهى لا تطبق ـ عادةً ـ إلا فى المناطق الباردة التى تُدفأ فيها البيوت المحمية بالبخار ، والتى تتوفر فيها مراحل البخار المستعملة فى التدفئة . وقد تلت هذه الطريقة فى التطبيق التعقيم بالمبيدات (وخاصة بالمبخرات Fumigants) . وعلى الرغم من الكفاءة العالية لعملية التعقيم الكيميائى إلا أنها باهظة التكاليف ، وأصبحت تُوَاجه بمعارضةٍ شديدةٍ فى كثيرٍ من الدول ؛ بسبب تأثيرها الضار على البيئة ، وخاصة تلويثها للمياه الجوفية . أما أحدث طرق التعقيم ظهورًا فهى التعقيم بالإشعاع الشمسى ، وهى أقل الطرق تكلفةً. وبالإضافة إلى كفاءتها العالية فى التخلص من عديدٍ من مسببات الأمراض والحشائش . . فإنها تُحفز نمو أنواعٍ بكتيريةٍ مفيدةٍ للنباتات تتواجد فى التربة وتعيش بالقرب من جذورها . وقد أسهبنا فى شرح هذه الطريقة ومزاياها فى الكتاب المشار إليه أعلاه .

وعلى الرغم من أهمية تعقيم الصوبات ، فإن قرابة نصف الصوبات (٤٨ ٪) فى مصر لا تُعقم ، بينما يعقم نحو ثلثها (٣٣ ٪) كيميائيا ، ويُعتَمد على التعقيم بالإشعاع الشمسى فى باقى الصوبات (حوالى ١٩ ٪) (عن مشروع الزراعة المحمية ـ مركز البحوث الزراعية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٢) . ومن المتوقع أن يشهد التعقيم بالإشعاع الشمسى إقبالاً متزايدًا فى السنوات القادمة .

ونظراً لارتفاع تكلفة التعقيم الكيميائى . . يلجأ كثير من المنتجين إلى تغيير مواقع الصوبات إلى أرضٍ جديدةٍ ، وهذا إجراء اقتصادى سليم فى حالة الأنفاق البلاستيكية الاقتصادية التى يكون من السهل فكها وإعادة إقامتها .

كذلك يلجأ بعض المنتجين ـ خاصة فى المناطق الصحراوية ـ إلى استبدال تربة جديدة بنحو ١٠ ـ ١٥ سم من التربة السطحية للصوبات ؛ وذلك إجراء مكلف ، ولا يعطى ـ غالبًا ـ النتائج المرجوة منه ؛ بسبب سرعة انتشار الجذور فى الطبقات تحت السطحية ، التى تكون ملوثة بمسببات الأمراض .

وتعد الزراعة على أصولٍ مقاومةٍ للأمراض أفضل بديلٍ لعملية تعقيم التربة . وتنتشر هذه الطريقة على نطاقٍ واسعٍ للغاية فى بعض دول العالم ؛ خاصةً فى اليابان وكوريا الجنوبية ، ونتناولها بالشرح فى موضعٍ لاحقٍ من هذا الفصل .

إقامة المصاطب

يُستدل من عديدٍ من الدراسات والممارسات الفعلية على أن الزراعة على مصاطب مرتفعةٍ أفضل كثيرًا من مدّ خطوط الزراعة على أرضٍ مستوية . ويرجع ذلك إلى أن المصاطب تزداد فيها فرصة تهوية التربة ، وينصرف الماء الزائد عنها ـ بما يحمله من أملاحٍ ذائبة ـ إلى قنوات المصاطب ، كما تدفأ تربة المصاطب بسرعةٍ أكبر من تربة الأرض المنبسطة (بسبب زيادة المساحة المعرضة للإشعاع الشمسى فى حالة المصاطب) ، وهو أمر له أهميته خلال فترة انخفاض درجة الحرارة شتاءً ؛ أى خلال موسم الزراعات المحمية .

تقام المصاطب عندما تكون التربة مستحرثةً ؛ أى بعد أن تغمر بالماء ثم تترك إلى أن يصبح بها ٥٠ ٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية . ويتم ذلك بفج قنواتٍ عميقةٍ ـ بطول الصوبة ـ فى منتصف المواقع المفترضة للمصاطب ، وتلك القنوات هى التى تنثر فيها الأسمدة الكيميائية والعضوية السابقة للزراعة (يراجع لأجل ذلك موضوع التسميد فى موضعٍ لاحقٍ من هذا الفصل) . ويلى ذلك فج قنوات أخرى عميقةٍ فى منتصف المسافة بين القنوات السابقة ، ثم الترديم جيدًا على القنوات السابقة ؛ لتصبح مصاطب مرتفعةً ، مع تعميق القنوات الجديدة (التى تكون بين المصاطب) بحيث يعلو سطح المصاطب ـ التى تمت إقامتها ـ عن قاع القنوات التى تفصل بينها بنحو ٣٠ ـ ٣٥ سم .

وتتم عملية فج القنوات ـ عادةً ـ باستعمال المحاريث ، ولكنها يمكن أن تجرى يدويا ، أما عملية الترديم التى تجرى لإقامة المصاطب فإنها تتم ـ غالبًا ـ يدويا .

وتتوفر آلات لإقامة المصاطب مباشرةً ، ولكن ذلك يصعب تطبيقه فى بيوت الأنفاق البلاستيكية ، ويقتصر ـ غالبًا ـ على البيوت المحمية الكبيرة التى يمكن مرور الآليات فيها بسهولةٍ ، كما يستلزم اتباع هذه الطريقة نثرِ الأسمدة الكيميائية والعضوية وخلطها بالطبقة السطحية من التربة قبل الزراعة . وعملية النثر هذه لا تحقق أقصى استفادة ممكنةٍ من الأسمدة المضافة كما يحدث عند إضافة الأسمدة فى باطن المصاطب ؛ أى تحتً خطوط الزراعة مباشرةً .

وعادة . . تكون المسافة بين منتصف المصاطب المتجاورة حوالى ١٥٠ سم ، ولكن سطح المصطبة ذاتها يكون بعرض حوالى ١٠٠ سم ، بينما تكون القنوات بينها بعرض ٥٠ سم . وتتم بهذه الطريقة ـ عادةً ـ إقامة خمس مصاطب طوليةٍ فى كل نفقٍ بلاستيكيٍّ بعرض ٨,٥ م . وتترك بين جانب الصوبة وحافة المصطبة الأولى مسافة ٧٥ سم ، كما تترك مسافة مماثلة بين جانب الصوبة المقابل وحافة المصطبة الأخيرة .

وتُعدَّل هذه الأرقام فى الأنفاق التى يبلغ عرضها ٩ أمتار ؛ بحيث تصبح القنوات الفاصلة بين المصاطب بعرض ٦٠ سم ، مع زيادة المسافة بين كلٍّ من جانبى الصوبة الطوليين وحافة المصطبة المقابلة له بمقدار خمسة سنتيمترات ؛ ليصبح ٨٠ سم .

ويمكن تلخيص ذلك فى نوعى الأنفاق كما يلى :

الخاصية	أنفاق بعرض ٨,٥م	أنفاق بعرض ٩,٠م
المسافة بين جدار الصوبة والمصطبة الأولى (سم)	٧٥	٨٠
عرض ظهر المصطبة (سم)	١٠٠	١٠٠
عدد المصاطب	٥	٥
عرض القناة الفاصلة بين المصاطب (سم)	٥٠	٦٠
عدد القنوات الفاصلة بين المصاطب	٤	٤
المسافة بين جدار الصوبة المقابل والمصطبة الأخيرة (سم)	٧٥	٨٠

ومن الأمور الأخرى التى تجب مراعاتها فى عملية إقامة المصاطب ما يلى :

١ ـ استواء الأرض بامتداد طول الصوبة ، مع انحدارٍ خفيفٍ فى حالة وجود نظا للصرف أيا كان نوعه .

٢ ـ ضرورة إضافة الأسمدة العضوية ، ثم نثر الأسمدة الكيميائية عليها ، مع الاهتمام بانتظام توزيع نوعى الأسمدة .

٣ ـ خلط التربة بالأسمدة عند التردیم علیها خلال عملية إقامة المصاطب ؛ للمساعدة على تكثيف انتشار الجذور فى التربة بعد ذلك ؛ نظرًا لأن الجذور النباتية لايمكنها الانتشار الكثيف فى الأسمدة العضوية التى لاتختلط بها التربة .

٤ ـ تكسير كتل التربة (القلاقيل) ، وتنعيم ظهر المصطبة جيدًا .

هذا . . وتتسع كل مصطبةٍ لخطين من خطوط الزراعة ، يبتعد كل منهما بمسافة ٢٥ سم عن مركز المصطبة الذى يُمدّ فيه ـ عادةً ـ خرطوم الرى بالتنقيط .

إنتاج الشتلات المطعومة

تناولنا بإسهابٍ موضوع إنتاج شتلات الخضر فى كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) ، ولن نكرر هنا ما جاء به ، ولكنّا نمس جانبًا هاما من عملية إنتاج الشتلات ،ألا وهو تطعيمها على أصولٍ مقاومةٍ للأمراض ؛ وهو أمر لم يحظ ـ إلى الآن ـ باهتمامٍ جدّيّ فى المنطقة العربية ؛ لاَ من قِبَلِ الباحثين، ولا من قبل منتجى الخضر فى الزراعات المحمية ، وعلى الرغم من أهميته البالغة فى دولٍ أخرى أحرزت تقدمًا هائلاً فى مجال الزراعات المحمية ؛ مثل اليابان ، وكوريا الجنوبية ، وهولندا .

الأهمية الاقتصادية لاستعمال الشتلات المطعومة فى الزراعة

يعد استعمال أصولٍ مقاومةٍ للأمراض ضرورةً اقتصادية فى الزراعات المحمية عندما تتوفر أصناف تجارية عاليةِ الإنتاجية ، ولكنها غير مقاومةٍ لبعض أمراض التربة ، أو عندما تصبح المبيدات خطرًا على البيئة الطبيعية من جرّاء كثرة استخدامها ، أو عندما يصبح استخدامها باهظ التكاليف . كذلك تستعمل الشتلات المطعومة لأجل تحسين النمو النباتى فى بعض الظروف البيئية القاسية .

بدأ استعمال الشتلات المطعومة فى الإنتاج التجارى للخضر فى اليابان منذ عام ١٩٣٦ بتطعيم البطيخ على أصولٍ من الجورد gourd (عن Kanahama ١٩٩٤). وقد ازدادت تدريجيا نسبة مساحة الخضر التى تزرع بشتلات مطعومة فى اليابان،

وكذلك فى كوريا ؛ حيث وصل عدد الشتلات المستعملة منها ـ حاليًا ـ إلى حوالى ٦٥١ مليون شتلةٍ فى اليابان ، و ٣٣٧ مليون شتلةٍ فى كوريا . وتغطى هذه الشتلات زراعات الخضر المبينة فى جدول (٧ ـ ٢) .

جدول (٧ ـ ٢) : المساحة الإجمالية ونسبة المساحة المزروعة بالشتلات المطعومة فى كلٍّ من الزراعات الحقلية والمحمية فى اليابان وكوريا (عن Lee ١٩٩٤) .

الخضر ونوع الزراعة	اليابان		كوريا	
	المساحة الإجمالية (١٠٠٠ هكتار)	الزراعة بشتلات مطعومة (٪)	المساحة الإجمالية (١٠٠٠ هكتار)	الزراعة بشتلات مطعومة (٪)
البطيخ				
حقلى	٢٤,٩	٩٦	٢٨,٣	٩٥
صوبات	٣,٢	١٠٠	٧,٤	١٠٠
خيار				
حقلى	١٤,٨	٣١	٣,٨	١١
صوبات	٧,٠	٨٦	٤,٧	٧٠
قاوون شرقى [أ]				
حقلى	٥,٥	٦٧	٣,٩	٨٥
صوبات	٢,٢	١٠٠	٥,٠	١٠٠
قاوون				
حقلى	–	–	–	–
صوبات	١,٢	٤٢	٠,٢	١٠
طماطم				
حقلى	٦,٩	٤	٠,٦	صفر
صوبات	٥,٠	١٦	١,٩	٢
باذنجان				
حقلى	١٣,٣	٢٠	١,٢	صفر
صوبات	١,٧	٩٤	٠,١	صفر
المجموع				
حقلى	٥٦,٦	٥٤	٣٧,٨	٨١
صوبات	٢٠,٣	٦٩	١٩,٣	٨١

أ ـ يُعرف القاوون الشرقى Oriental Melon علميًا باسم Cucumis melo var.makuwa .

مميزات استعمال الشتلات المطعومة فى الزراعة

يحقق استعمال الشتلات المطعومة فى الزراعة المزايا التالية :

١ ـ مكافحة الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور وتعيش مسبباتها فى التربة . تنمو جذور الأصول المستعملة فى التطعيم بقوةٍ ، وتكون مقاومةً لعديدٍ من الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة ، أو تكون متحملةً للإصابة بها . وتجدر الإشارة إلى أنه كثيرًا ما تنمو جذور عرضية من الطعوم ، تكون عرضةً للإصابة ـ بسهولةٍ ـ بتلك الأمراض . ولكن النبات ذا المجموع الجذرى المزدوج يُظهر ـ دائمًا ـ قدرا كبيرًا مـن المقاومة يقترب من مقاومة النباتات التى تعتمد على جذورِ أصولها فقط . وبينما لا تتوفر أية أدلةٍ على انتقال خصائص القابلية للإصابة بأمراض الجذور من الطعوم إلى الجذور المقاومة لها ، فإن العكس ليس صحيحًا ؛ حيث تنتقل خصائص المقاومة للذبول الفيوزارى فى البطيخ ـ مثلا ـ من الأصول إلى الطعوم القابلة للإصابة بالمرض ، وتكسبها صفة المقاومة .

٢ ـ زيادة قدرة النباتات على تحمل الحرارة المنخفضة :

فمثلاً . . يتحسن نمو نباتات الخيار شتاءً ـ خلال فترة انخفاض درجة الحرارة ـ بتطعيم النباتات على أصولٍ من الجورد <u>Cucurbita</u> <u>ficifolia</u>

٣ ـ زيادة قدرة النباتات على تحمل ملوحة التربة ومياه الرى .

٤ ـ زيادة قدرة النباتات على تحمل غدق التربة .

٥ ـ تحفيز وتنشيط امتصاص النبات للماء والعناصر المغذية :

يحدث ذلك بفعل المجموع الجذرى القوى للأصول المستعملة ؛ مقارنةً بالنمو الخضرى للطعوم المستخدمة معها .

٦ ـ زيادة قوة النمو النباتى :

يحدث ذلك بفعل الهرمونات التى تنتجها الأصول ، وخاصة السيتوكينينات التى تُصنّع فى الجذور ، وتنتج بتركيزاتٍ عاليةٍ فى أصول الخيار . ومن بين الهرمونات

التى وجدت فى عصارة الخشب الصاعدة من الأصول كل من : الزياتين t-zeatin ، وحامض الجبريلليك ، وإندول حامض الخليك ، وحامض الأبسيسك . وقد تباينت الأصول المستعملة مع الباذنجان ـ كثيراً ـ فى محتوى عصارة أنسجة الخشب فيها من تلك الهرمونات .

٧ ـ زيادة فترة الحصاد الاقتصادى :

يحدث ذلك بفعل التأثير المتجمع لكل العوامل السابقة ، خاصةً فى الظروف البيئية القاسية .

٨ ـ تحسين نوعية الثمار :

يؤدى استعمال أصولٍ معينةٍ فى البطيخ إلى زيادة حجم الثمار عما فى النباتات غير المطعومة . كذلك تؤثر الأصول على عديدٍ من الصفات الثمرية الأخرى ؛ مثل: شكل الثمرة ، ولون الجلد ومدى نعومته ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية . وفى الخيار . . تتأثر كثافة الطبقة الشمعية على الثمار Bloom ولون الثمار الخارجى بالأصول المستعملة . ولكن . . باستثناء تأثير الأصول على حجم الثمرة ، فإن معظم تأثيرات الأصول على الثمار تكون سلبيةً (عن Lee ١٩٩٤) .

الأصول المستعملة فى إنتاج الخضر المطعومة

تتباين أنواع الأصول المستخدمة فى إنتاج الخضر المطعومة باختلاف المحصول والهدف من عملية التطعيم ، كما تختلف طريقة التطعيم المناسبة باختلاف الأصل المستعمل ، كما يظهر فى جدول (٧ ـ ٣) .

ونلقى مزيداً من الضوء على الأصول المستعملة مع مختلف محاصيل الخضر فيما يلى :

١ ـ الطماطم :

يبين جدول (٧ ـ ٤) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان والأمراض التى يقاومها كل أصلٍ منها .

جدول (٧ ـ ٣) : الأصول المستعملة ، وطريقة التطعيم المناسبة ، والهدف من التطعيم فى مختلف محاصيل الخضر .

الخضر	الأصول الشائعة الاستعمال (أ)		طرق التطعيم(ب)	الهدف من التطعيم(جـ)
البطيخ	الجورد	Lagenaria siceraria var.hispida	١	١ ، ٢
	هجن نوعية		١ ، ٢	١ ، ٢ ، ٣
	الجورد الشمعى	Benincasa hispida	١ ، ٣	١ ، ٢
الخيار	القرع	Cucurbita pepo	٢ ، ٣	١ ، ٢ ، ٣
	القرع	Cucurbita moschata	١ ، ٢	١ ، ٢ ، ٣
	الخيار الشوكى	Sicyos angulatus	٢	٥
	الجورد	Cucurbita ficifolia	٢	١ ، ٢ ، ٣
	هجن نوعية		١ ، ٢	١ ، ٢ ، ٣
القاوون	الهجين	Cucurbita maxim x C. moschata	٢	١ ، ٢ ، ٤
الطماطم	الخيار	Cucumis sativus	٢	١ ، ٢
	الخيار الشوكى	Sicyos angulatus	٢	٢ ، ٥
		Cucumis melo	٢ ، ٣	١
الباذنجان		Lycopersicon pimpinellifolium	٣	٥
		Lycopersicon hirsutum	٣	٥
		Lycopersicon esculentum	٣	٥
		Solanum integrifolium	٢ ، ٣	٦
		Solanum torvum	٢ ، ٣	٧

أ ـ يتوفر عديد من الأصناف والسلالات المستعملة كأصولٍ من كل نوع.

ب ـ طرق التطعيم : ١ ـ الإيلاج فى حفرة hole insertion ، ٢ ـ اللسانى tongue ، ٣ ـ التطعيم بالشق cleft .

جـ ـ أهداف التطعيم : ١ ـ مكافحة الذبول الفيوزارى ، ٢ ـ تحفيز النمو ، ٣ ـ تحمل الحرارة المنخفضة ، ٤ ـ إطالة موسم النمو ، ٥ ـ مكافحة النيماتودا ، ٦ ـ مكافحة الذبول البكتيرى ، ٧ ـ تقليل الإصابة الفيروسية.

جدول (٧ ـ ٤) : أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان، والأمراض التى يقاومها كل أصلٍ منها (عن Lee ١٩٩٤) .

الأصل	أهم مراض الطماطم (أ)					
	الذبول البكتيرى	الذبول الفيوزارى	Verticillium dahliae	Pyrenochaeta lycopersici	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
BF	R	R	S	S	S	S
LS89	R	R	S	S	S	S
PFN	R	R	S	S	R	S
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	S	R	R	R	R	S
KNVFTm	S	R	R	R	R	R
Signaal	S	R	R	R	R	R
KCFT-N	S	R	S	R	R	R

(أ) : R= مقاوم Resistant ، S= قابل للإصابة Susceptible.

وجميع هذه الأصول عبارة عن هجنٍ ناتجةٍ من تلقيح الطماطم مع النوع البرى Lycopersicon hirsutum. وكما يظهر من جدول (٧ ـ ٤) ، فإن الحروف المستخدمة فى تكوين أسماء الأصول تُشير إلى خاصية مقاومتها للأمراض المختلفة كما يلى :

الرمز	المرض المعنىّ
F	الذبول الفيوزارى Fusarium Wilt
V	ذبول فيرتسيلليم Verticillium Wilt
K	عفن الجذور البنى والفلينى Brown & Corky Root Rot
N	نيماتودا تعقد الجذور Root Knot Nematode
T أو Tm	فيرس موزايك التبغ Tobacco Mosaic Virus
F_2	الذبول الفيوزارى (بسلالة رقم ٢ ، بالإضافة إلى السلالة العادية رقم صفر) .
B	الذبول البكتيرى Bacterial Wilt

وتستخدم شركة تاكى ـ اليابانية – للبذور أصولاً خاصةً مقاومةً للأمراض ـ جميعها من الهجن ـ فى تطعيم الطماطم ، كما يلى :

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Helper-M	B , V , F1 , F2 , N
Achilles-M	B , V , F1 , N
Ti-up No.1	K , N , V , F1 , $Tm\text{-}2^a$
Ti-up No.2	K , N , V , F1 , F2 , $Tm\text{-}2^a$
Anchor-T	B , V , F1 , F2 , N , $Tm\text{-}2^a$
New No.1	K , N , V , F1
Healthy	B , V , F1 , N
Kage	B , N , V , F2 , $Tm\text{-}2^a$

ومن الرموز الجديدة التى جاءت فى قائمة الأمراض التى تقاومها تلك الأصول : F1 ويعنى المقاومة للسلالة الأولى (رقم صفر) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى ، و $Tm\text{-}2^a$ ويعنى احتواء الأصل على الجين $Tm\text{-}2^a$ الذى يعد من أقوى جينات المقاومة لفيرس موزايك التبغ . وجميع الأصول الهجين المبينة أعلاه والتى لا تحمل الجين $Tm\text{-}2^a$ تحمل الجين الآخر Tm-1 لمقاومة فيرس موزايك التبغ . وتوصى الشركة بأن تُطعَّم أصناف الطماطم التى تحمل الجين $Tm\text{-}2^a$ على أصولٍ تحمل المقاومة نفسها ، وكذلك تُطعم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 على أصولٍ بها الجين نفسه.

ودرس Masuda & Furusawa(١٩٩١) تأثير استعمال الأصول المقاومة للأمراض KNVF-R3 ،و LS-89 ،و TVR-2 على محصول ونوعية ثمار الطماطم ، ووجدا أن المحصول لم يختلف جوهريا باختلاف الأصل المستعمل ، ولكن أدت جميع الأصول إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار بعد العنقود السادس . وحُصِلَ على أعلى نسبةٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، والحموضة المعايرة فى عصير الثمار عندما استعمل الأصل KNVF-R3.

وقد حصل Matsuzoe وآخرون (١٩٩٣) على توافقٍ تامٍّ بين الطماطم كطعمٍ

وكلٍّ من : Solanum sisymbriifolium ، و S. torvum ، و S. toxicarium كأصولٍ مقاومةٍ للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة ، ولكن الأصل الأول فقط (S. sisymbriifolium) هو الذى لم يكن له تأثير سلبى على نمو ومحصول الطماطم فى مدى واسعٍ من الظروف البيئية .

٢ ـ الباذنجان

من الأصول المستعملة مع الباذنجان هجينا الباذنجان Meet ، و Caravan وكلاهما مقاوم لكلٍّ من مرضى الذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم .

٣ ـ البطيخ :

من الأصول المستعملة مع البطيخ ما يلى :

أ ـ هُجن القرع : Tetsukabuto ، و Patron ، و Kirameki ، و Just .

ب ـ هجن الجورد : Friend ، و Round Fruited .

جـ ـ هجين البطيخ : Toughness.

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى .

٤ ـ القاوون :

من الأصول المستعملة مع القاوون ما يلى :

أ ـ هجينا القرع : Tetsukabuto ، و Just .

ب ـ هجين القاوون : Base .

وجميعها مقاومة لمرض الذبول الفيوزارى (عن كتالوج لشركة Takii Seed) .

٥ ـ الخيار :

عند زراعة الخيار فى المواسم الباردة فإنه يجب أن يُطّعم على الجورد

Cucurbita ficifolia ، الذى يزداد نموه بانخفاض حرارة التربة عن ٢٠ْم (عن Kanahama ١٩٩٤) ، بينما يوصى عند زراعة الخيار فى المواسم الحارة بتطعيمه على الأصل Sintozwa ، وهو هجين نوعى .

ويُظهر الخيار الشوكى bur-cucumber (Sicyos angulatus) الذى وجد ناميا بريا فى كوريا ـ توافقًا جيدًا مع الخيار (وكذلك مع البطيخ) ، وهو مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور ، ويحفز النمو المبكر للطعوم (عن Lee ١٩٩٤) .

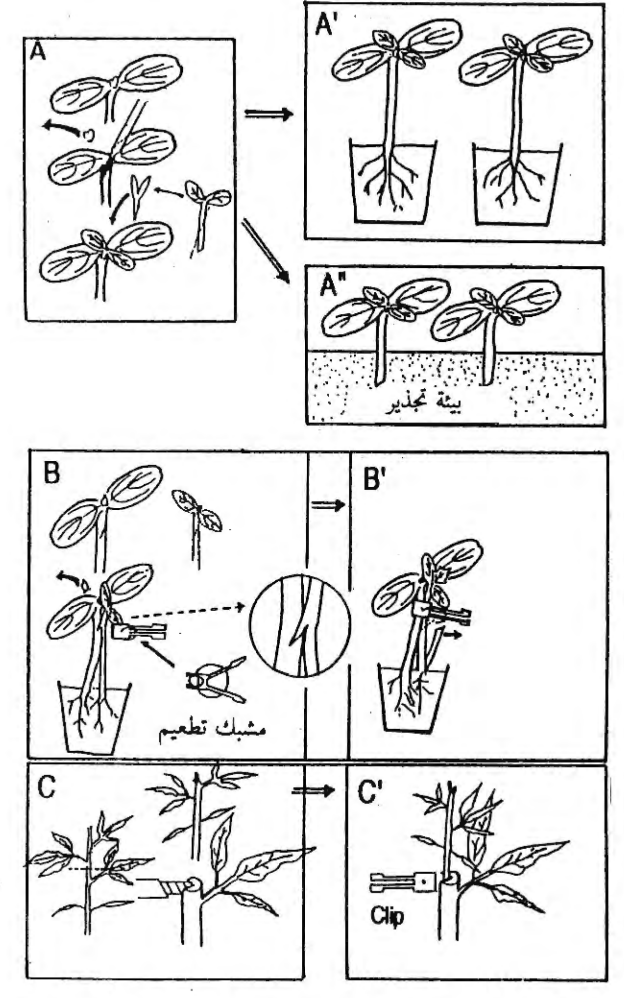
ويقاوم الأصل C. ficifolia ـ الشائع الاستعمال مع الخيار والبطيخ ـ كلا من الذبول الفيوزارى والفطر Phomopsis sclerotioides (عن Klose ١٩٨٠ ، و Fletcher ١٩٨٤) .

وقد وجد Weng وآخرون (١٩٩٣) أن تطعيم الخيار على الجورد C. ficifolia أدى ـ مقارنةً بعدم التطعيم ـ إلى زيادة المساحة الورقية بمقدار ٤٤ ٪ ـ ٧٠ ٪ ، ومحتوى الكلوروفيل بمقدار ٣,٦ ٪ ـ ١١,٧ ٪ ، كما أدى إلى زيادة فى مقاومة النباتات لكلٍّ من البياض الدقيقى وفِطْرَىْ الفيوزاريم والبثيم Pythium ، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ٣٠ ٪ ـ ٩٠ ٪ ، والمحصول الكلى بنسبة ١٥ ٪ ـ ٤٧ ٪ .

طرق التطعيم

تجرى عملية التطعيم ـ عادةً ـ فى طور البادرة ، وقبل بزوغ الورقة الحقيقية الأولى ـ من بين الفلقتين ـ فى القرعيات .

ويظهر فى شكل (٧ ـ ٢) تخطيط لأهم طرق التطعيم المتبعة فى القرعيات والباذنجانيات ؛ وهى : التطعيم بالإيلاج فى حفرة Hole Insertion Grafting ، والتطعيم اللسانى Tongue Approach Grafting ، والتطعيم بالشق Cleft Graft-ing. ويبين شكلا (٧ ـ ٣) ، و (٧ ـ ٤) طريقة تداول النباتات عند إجراء التطعيم بالطريقتين الأولى والثانية ، على التوالى (يوجدان فى آخر الكتاب) .



شكل (٧ ـ ٢) : أهم الطرق المتبعة فى تطعيم محاصيل الخضر (A) التطعيم بالإيلاج فى حفرة hole insertion grafting .(A') بادرتان مطعومتان شُتلتا فى أصيصين . (A") تقطع الأصول فوق مستوى الجذور مباشرةً ، ثم تطعم كما فى (A) . يسمح بعد ذلك للشتلات المطعومة بالتجذير فى بيئة تجذير.(B) التطعيم اللسانى tongue approach grafting .(B') يستعمل مشبك تطعيم فى الضغط على موضع التحام الأصل بالطعم. تقطع السويقة الجنينية السفلى للطعم تحت مكان التحام الأصل بالطعم بعد حوالى أسبوعٍ من التطعيم. (C) التطعيم بالشق cleft grafting.(C') تستخدم مشابك خاصة لإمساك الأصل مع الطعم بإحكامٍ (عن Lee ١٩٩٤) .

وتتباين طرق التطعيم المتبعة باختلاف المحصول ، كما يتباين موعد زراعة كلٍّ

من الأصل والطعم تبعًا لنوع الأصل المستعمل ، وطريقة التطعيم المتبعة ، والمحصول. فمثلا تتبع طريقة الإيلاج فى حفرة مع البطيخ ؛ لأن بادرات البطيخ تكون صغيرة الحجم مقارنةً بحجم بادرات الجورد أو القرع التى تستخدم كأصل . وفى الخيار .. تتبع طريقة التطعيم اللسانى ؛ لأن بادرات كلٍّ من الأصل والطعم تكون كبيرة الحجم بما فى ذلك طول وقطر السويقة الجنينية السفلى .

وقد صمم Oda وآخرون (١٩٩٤) طبقًا للتطعيم grafting plate يساعد على إجراء عدة تطعيمات أفقيةٍ فى آنٍ واحدٍ (مع الضغط على منطقة اتصال الأصل بالطعم) ، ولكن القدرة الإنتاجية للنباتات المطعومة بهذه الطريقة كانت أقل من النباتات المطعومة بطريقة الشق .

وقد أمكن التحكم فى طول كلٍّ من السويقة الجنينية السفلى وأطوال السلاميات فى أصل الجورد Cucurbita ficifolia المستخدم مع كلٍّ من الخيار والبطيخ بنقع البذور فى محلولٍ مائيٍّ لمنظم النمو يونيكونازول uniconazale بتركيز ١ ـ ١٠٠ جزء فى المليون ، ورش النباتات فى مرحلة تكوّن ١,٣ ورقةً حقيقيةً بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون . عملت معاملة اليونيكونازول على تقصير السويقة الجنينية السفلى والسلاميات ، وازدادت شدة التأثير بزيادة التركيز المستخدم من منظم النمو ، بينما أحدثت معاملة الجبريللين تأثيرًا عكسيا . وأدت معاملة البذور باليونيكونازول بتركيز جزءٍ واحدٍ فى المليون ـ مع رش البادرات فى مرحلة تكوين ١,٣ ورقةً حقيقيةً بالجبريللين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون ـ إلى ثبات طول السويقة الجنينية السفلى مع استطالة السلاميات فقط (Oda ١٩٩٤) .

وكان تطعيم الشتلات يجرى يدويا بواسطة منتج الخضر ، ثم أصبحت الشتلات المطعومة تنتج (فى كوريا واليابان) بأعدادٍ كبيرةٍ بمعرفة تعاونياتٍ أو شركاتٍ متخصصةٍ ، يقوم فيها المتخصصون بتطعيم نحوٍ ١٥٠ شتلةً فى الساعة يدويًا مع الاستعانة بأدوات خاصة ، تم تطويرها لهذا الغرض ؛ مثل : المطاوى ، والمشابك ، والأنابيب ، والصموغ .

وعلى الرغم من أن أتمتة عملية التطعيم (عن طريق الإنسان الآلى Robots) لم

تُجْرَ على نطاقٍ تجارى بعد ، إلا أنه يتم تطوير أربعة أنواع من الروبوتات لهذا الغرض فى اليابان ، يعتمد عملها على المبادئ التالية :

١ ـ يعتمد النوع الأول (JT's Robot)على أنابيب بلاستيكية لوصل الأصل بالطعم . وعند تسخين هذه الأنابيب على حرارة ١٥٠ْ ـ ٢٥٠ْم لعدة ثوانٍ ، فإنها تنكمش وتضغط على منطقة الالتحام ، ويلى ذلك تبريد الأنابيب إلى حرارة الغرفة باستعمال تيارٍ من الهواء البارد ، وتسقط هذه الأنابيب تلقائيا مع نمو البادرة المطعومة .

٢ ـ يمكن للنوع الثانى (TGR's Robot) تطعيم عدة بادراتٍ فى آنٍ واحدٍ تتواجد فى خلايا مربعةٍ فى صوانٍ خاصة ، وتكون جاهزةً للتطعيم وهى فى عمرٍ معينٍ لكلٍّ من الأصول والطعوم .

٣ ـ فى النوع الثالث (Brain's Robot) تبقى منطقة الالتحام فى مكانها باستعمال مشبكٍ خاصٍّ .

٤ ـ يعتمد النوع الرابع (Honami et al.'s Robot) على طريقةٍ للتطعيم تعرف باسم "plug-in" ، وفيها تجهز قاعدة الطعم على شكل مخروطٍ ، وتعد حفرة مخروطية مماثلة فى قمة الأصل ، ثم يولج الطعم فى حفرة الأصل (عن Kurata ١٩٩٤) .

الرى

من الضرورى إنشاء خزاناتٍ مغلقةٍ أو بركةٍ مكشوفةٍ لتخزين المياه اللازمة للرى ، وبسعةٍ تكفى احتياجات الرى فى جميع البيوت . وتفيد هذه الخزانات فى الحالات الآتية :

١ ـ عندما تكثر المواد العالقة بمياه الرى بدرجةٍ تقل معها كفاءة المرشحات ؛ حيث تفيد الخزانات فى ترسيب هذه المواد عند ترك المياه بها .

٢ ـ عند الاعتماد على مياه النيل فى الرى ؛ حيث يصبح وجود الخزانات ضرورةً لتوفير المياه أثناء السِّدَّة الشتوية .

٣ ـ عند الاعتماد على المياه الجوفية فى الرى فى حالة ما إن كان تصريف

الآبار لا يكفى كل احتياجات الرى فى أوقات الذروة ؛ حيث يلزم فى هذه الحالة توفير المياه المخزونة لاستعمالها عند الضرورة .

وفى غير تلك الحالات أو الأوقات . . فإن المياه تسحب من مصادرها مباشرةً (الآبار أو النيل والترع المتفرعة منه) دونما حاجةٍ إلى تخزينها .

نوعية مياه الرى

لكى تكون الزراعات المحمية اقتصاديةً ـ مع كل ما تتطلبه من تمويلٍ فى الإنشاءات ، والصيانة ، والزراعة ، وعمليات الخدمة ، ومكافحة الآفات ـ فإن مياه الرى يجب أن تكون من نوعيةٍ جيدةٍ لكى لا تقف عائقًا أمام نمو النباتات ، ولإعطائها أفضل ما لديها من قدرةٍ وراثيةٍ على الإنتاج .

فمن ناحيةٍ . . تعطى الزراعات المحمية برامج سماديةً مكثفةً ، تضاف فيها معظم الأسمدة مع مياه الرى ؛ ولذا . . يجب أن تكون نسبة الأملاح منخفضةً أصلاً فى المياه المستعملة فى الرى . ويفضل ألا يزيد تركيز الأملاح على ٥٠٠ جزء فى المليون ، وأقصى تركيزٍ ممكنٍ للأملاح فى مياه الرى هو ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون مع المحاصيل الحساسة للملوحة ؛ مثل الخيار ، والفاصوليا ، و ١٥٠٠ جزءٍ فى المليون مع المحاصيل المتوسطة التحمل ؛ مثل الطماطم والفلفل .

ومن ناحيةٍ أخرى يجب ألا يزيد تركيز مختلف الكاتيونات والأنيونات على حدود معينة كما يلى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣) :

الأيون	الحد الأقصى الذى يفضل ألا يزيد عليه التركيز
الصوديوم	١٨٤ جزءًا فى المليون (٨ مللى مكافئ / لتر)
الكالسوم	١٢٠ جزءًا فى المليون (٦ مللى مكافئ / لتر) ؛ لكى لا يؤدى إلى ترسب الفوسفات إذا أضيفت مع مياه الرى .
المغنيسيوم	٣ مللى مكافئ / لتر
الكلوريد	٣ مللى مكافئ / لتر
الكبريتات	٤٨٠ جزءًا فى المليون (١٠ مللى مكافئ / لتر) للنباتات غير الحساسة للعنصر
	٤٨ جزءًا فى المليون (مللى مكافئ واحد / لتر) للنباتات الحساسة للعنصر
البيكربونات	٦ مللى مكافئ / لتر ؛ لكى تؤدى إلى حدوث ترسباتٍ فى شبكة الرى

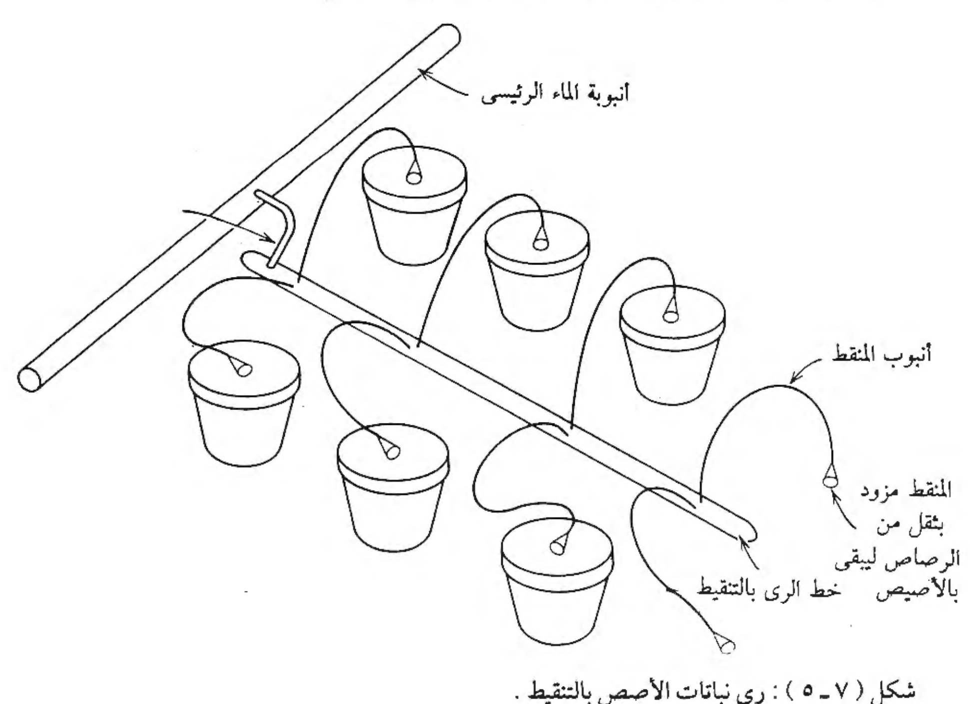
طرق الرى

يعتبر الرى بالتنقيط هو أكثر طرق الرى شيوعًا فى زراعات الخضر المحمية ،

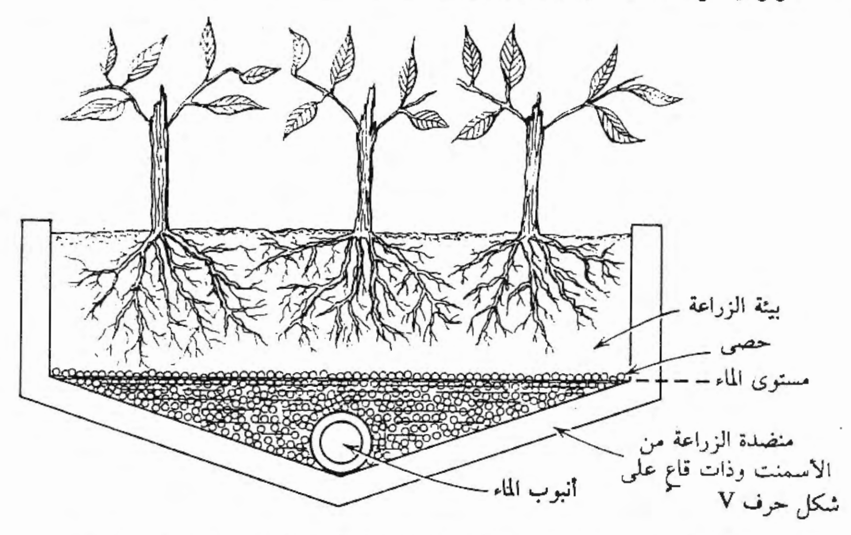
ولكن الرى بالرذاذ (المست Mist) ـ من أعلى (على ارتفاع مترين) ـ يفيد أيضًا فى تلطيف درجة الحرارة عند تشغيله بمعدل ١ ـ ١,٥ ملليمتر / ساعة ؛ ولذا . . ينصح بتزويد البيوت المحمية بهذا النظام ، لكن مع الاعتماد على الرى بالتنقيط لأجل تزويد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية .

ولا يفضل رى زراعات الخضر المحمية بطريقة الغمر لأسباب كثيرة ؛ منها : زيادة الرطوبة النسبية داخل الصوبات ؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة انتشار الأمراض ، وزيادة الفاقد من مياه الرى والأسمدة المضافة ، وصعوبة توصيل الأسمدة إلى النباتات بالكميات وفى المواعيد المناسبة لها كما يحدث عند إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط .

أما طريقة الرى بالرش فإنها لا تناسب زراعات الخضر المحمية التى تُربَّى قائمةً ، ولكنها تناسب رى المحاصيل الكثيفة التى لا تربى رأسيا مثل الخس ، وكذلك تناسب رى المشاتل ونباتات الزينة ، ومختلف النباتات التى تربى فى الأصص ، أو فى « بِنْشاتٍ » خاصة . كما قد تروى هذه النوعية من الزراعات ـ كذلك ـ بالتنقيط (شكل ٧ ـ ٥) ، أو بطريقة الرى تحت السطحى (شكل ٧ ـ ٦)



شكل (٧ ـ ٥) : رى نباتات الأصص بالتنقيط .



شكل (٧ ـ ٦) : رى النباتات النامية فى مناضد الزراعة (البنشات) بطريقة الرى تحت السطحى .

ولمزيد من التفاصيل عن مختلف طرق الرى التى ورد ذكرها أعلاه . . يراجع كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) .

معدلات الرى

تتوقف معدلات الرى والفترة بين الريات على طبيعة التربة ، والمحصول المزروع ، والظروف الجوية السائدة ، ومستوى الماء الأرضى ، ولسنا هنا بصدد مناقشة هذه العوامل التى يمكن الرجوع إليها فى كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) ، ولكنّا نبرز بعض المبادئ العامة التى تحكم عملية الرى كما يلى :

١ ـ يُستعمل خط واحد للرى بالتنقيط فى كل مصطبة ، ولا يستعمل خطّان للرى (مع افتراض وجود خطين من النباتات بكل مصطبة) إلا عند الضرورة فى حالات الأراضى الشديدة النفاذية .

٢ ـ يفضل أن يكون معدل تصريف المنقطات المستعملة فى خراطيم الرى بالتنقيط لترًا واحدًا / ساعة فى الأراضى الثقيلة ، ولترين / ساعة فى الأراضى المتوسطة القوام ، و ٣ ـ ٤ لتراتٍ / ساعة فى الأراضى الخفيفة الشديدة النفاذية .

٣ - تروى المصاطب - قبل الزراعة - بكميات من المياه تكفى لبلّ التربة إلى عمقٍ لا يقل عن ٥٠ سم . وعندما تكون التربة جافة تمامًا فإن هذه الكميات تتراوح بين ٣٢ لترًا / نقاط فى الأراضى الثقيلة ، و ١٦ لترًا / نقاط فى الأراضى الخفيفة ، ولكن نادرًا ما تكون التربة جافةً تمامًا ، خاصةً فى الأراضى الثقيلة . وعمومًا . . فإن كمية المياه المضافة قبل الزراعة لا تقل عن ٨ لترات / نقاط . وبينما تجرى زراعة البذور أو يتم الشتل بعد هذه الرية مباشرة فى الأراضى الرملية الخفيفة ، فإن الزراعة تؤجل لمدة ٢ - ٣ أيام بعد تلك الرية فى الأراضى الثقيلة ؛ لكى تصبح محتويةً على القدر المناسب من الرطوبة عند الزراعة ، وهو ٥٠ ٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية فى الخمسين سنتيمترًا السطحية من التربة .

٤ - عند وجود خطٍّ واحدٍ من النباتات فى كل مصطبةٍ فإنه يكون على مسافة ١٥ سم من خرطوم الرى فى الأراضى الرملية ، و ٢٠ سم فى الأراضى الثقيلة . أما عند وجود خطٍّ واحدٍ للرى يخدم خطين من النباتات فى كل مصطبة ، فإن خطوط النباتات تكون على مسافة ٢٥ سم على كلٍّ من جانبى خرطوم الرى ، وقد تستعمل فى الحالة الأخيرة أنابيب شعرية (إسباجيتى) لتوصيل مياه الرى من الخرطوم إلى مواقع النباتات فى خطى الزراعة فى الأراضى الخفيفة العالية النفاذية .

٥ - يراعى عدم زيادة معدلات الرى فى الأراضى الثقيلة إلى القدر الذى يؤدى إلى تعجّن التربة ؛ فيكون الرى خفيفًا بعد الزراعة أو الشتل ، ويستمر كذلك إلى أن تُثبِّت البادرات جذورها فى التربة ؛ حيث يوقف الرى بعد ذلك لأيامٍ قليلةٍ قبل معاودته من جديد . أما فى الأراضى الخفيفة فإن الرى يستمر بصورةٍ طبيعية حسب الظروف الجوية .

٦ - تتراوح معدلات الـرى - عـادةً - بين ٠,٥ م٣ / صوبةً يوميا عند بداية الزراعة ، و ٥ م٣ / صوبة يوميا خلال فترة الذروة ؛ وهى فترات النمو الخضرى الغزير ، والإزهار ، والإثمار . وتكون الزيادة من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى تدريجيةً .

التسميد

يعتمد التسميد فى الزراعات المحمية ـ أساسًا ـ على الأسمدة الذائبة التى تصل إلى النباتات مع ماء الرى بالتنقيط ، خاصةً فى الأراضى الرملية . أما عند اتباع طريقة الرى السطحى ، فإن التسميد يتم بإضافة الأسمدة الجافة إلى جانب النباتات . وقد تُتبع طريقتا التسميد معًا ، بالإضافة إلى التسميد بالرش بالنسبة للعناصر الدقيقة .

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع التسميد باستفاضةٍ فى كتاب « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) ، ونكتفى فى هذا المقام بإيضاح بعض الأمور الوثيقة الصلة بالزراعة المحمية .

وسائل تعرف مدى حاجة النباتات إلى التسميد

من أهم الوسائل التى يستفاد منها فى التعرف على مدى حاجة النباتات إلى التسميد ما يلى :

أولاً : تحليل التربة

يُستفاد من تحليل التربة فى التعرف على مدى فقر التربة أو غناها فى محتواها من مختلف العناصر الغذائية الضرورية للنباتات ؛ ومن ثم فى مدى الحاجة إلى التسميد . وتقدر العناصر ـ عادةً ـ فى مستخلص التربة المشبع ، وهو المستخلص الذى تسحب منه عينة التربة ـ تحت تفريغ ـ بعد إضافة الماء إليها ، إلى أن تصبح كالعجين . ويتم سحب الماء من العجينة بعد ساعتين من تكوينها .

وتجدر الإشارة إلى أن المحتوى الرطوبى لعجينة التربة المشبعة يبلغ ـ تقريبًا ـ أربعة أمثال قدر الماء الذى يوجد بها عند نقطة الذبول ، وحوالى ضعف محتواها الرطوبى عند السعة الحقلية ؛ ولذا . . فإن تركيز الأملاح والعناصر فى مستخلص عجينة التربة المشبعة يكون حوالى ١/٤ التركيز الموجود عند نقطة الذبول ، و ١/٢ ذلك الموجود عند السعة الحقلية .

ويُعدّ المستوى الأمثل للعناصر الضرورية الذائبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة كما يلى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣) :

العنصر	المدى المناسب (جزء فى المليون)
نيتروجين نتراتى	١٠٠ ـ ٢٨٠
فوسفور	٨ ـ ١٣
بوتاسيوم	١٥٠ ـ ٢٥٠
كالسيوم	٢٠٠ ـ ٢٥٠
مغنيسيوم	٦٠ ـ ١٠٠

أما درجة التوصيل الكهربائى (الـ EC) المناسبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة ـ والتى تعبر عن تركيز الأملاح فيه ـ فهى ١,٥ ـ ٢,٥ ملليموز / سم .

هذا . . ويظهر فى جدول (٧ ـ ٥) متوسط محتوى الأراضى المصرية فى سبعةٍ من العناصر الضرورية للنبات (عن عبد الحميد ١٩٩١) . ويتبين من الجدول أن تركيز مختلف العناصر أعلى ـ بصفةٍ عامةٍ ـ فى أراضى الوادى والدلتا مما فى الأراضى الحديثة الاستصلاح الرملية والجيرية .

جدول (٧ ـ ٥) : متوسط محتوى مختلف الأراضى الزراعية المصرية من سبعةٍ من العناصر الضرورية للنبات (على عمق صفر ـ ٦٠ سم) .

العنصر	أراضى الوادى والدلتا	أراضٍ حديثة الاستزراع	
		رملية	جيرية
	عناصر كبرى (مجم / ١٠٠ جم)		
نيتروجين	٧٥ ـ ١٧٠	١٢ ـ ٤٥	١٨ ـ ٤٧
فوسفور	١,٢ ـ ٤	٠,٤ ـ ١,٢	٠,٣ ـ ٠,٥
بوتاسيوم	٣٨ ـ ٦٨	٥ ـ ١٠	١٧ ـ ٢٢
	عناصر دقيقة (جزء فى المليون)		
حديد	٩,٥ ـ ٣٠	٠,٥ ـ ٤,٥	١,٥ ـ ٦
منجنيز	١٠ ـ ٤٠	٢ ـ ٢,٥	٥ ـ ١٢
زنك	١,٢ ـ ٢,٤	٠,٥ ـ ٠,٧	٠,٨ ـ ١,٠
نحاس	٢,٧ ـ ٤,٦	٠,٤ ـ ١,٩	٠,٨ ـ ٠,٩

ثانيا : تحليل النبات

يفيد تحليل الأنسجة النباتية كثيراً فى تحديد مدى الحاجة إلى التسميد . ويبين جدول (٧ ـ ٦) المدى الطبيعى لتركيز العناصر المختلفة فى أنسجة الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية بكل من نباتى الطماطم والخيار . ويمكن الاسترشاد بهذا الجدول فى التعرف على الحاجة إلى التسميد فى المحاصيل القريبة منهما ؛ وهى محاصيل العائلتين الباذنجانية والقرعية على التوالى . وتجب موالاة التسميد بالعناصر المعنية قبل انخفاض مستوى العنصر بالنبات إلى الحد الأدنى للمجال الطبيعى ؛ لأن انخفاضه عن ذلك يعنى وجود نقص فى العنصر بالنبات يتبعه نقص فى المحصول ، أو ظهور عيوبٍ فسيولوجيةٍ معينة (Johnson ١٩٧٩) .

جدول (٧ ـ ٦) : المدى الطبيعى لتركيز العناصر المختلفة فى أنسجة أوراق الطماطم والخيار (الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية) على أساس الوزن الجاف .

العنصر	الطماطم	الخيار
النيتروجين النتراتى	١٤٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون	١٠٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠ جزء فى المليون
الفوسفات PO_4	٦٠٠٠ ـ ٨٠٠٠ جزء فى المليون	٨٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠ جزء فى المليون
البوتاسيوم	٥ ـ ٨ ٪	٨ ـ ١٥ ٪
الكالسيوم	٢ ـ ٣ ٪	١ ـ ٣ ٪
المغنيسيوم	٠,٤ ـ ١,٠ ٪	٠,٣ ـ ٠,٧ ٪
الحديد	٤٠ ـ ١٠٠ جزء فى المليون	٩٠ ـ ١٢٠ جزءاً فى المليون
الزنك	١٥ ـ ٢٥ جزءاً فى المليون	٤٠ ـ ٥٠ جزءاً فى المليون
النحاس	٤ ـ ٦ أجزاء فى المليون	٥ ـ ١٠ أجزاء فى المليون
المنجنيز	٢٥ ـ ٥٠ جزءاً فى المليون	٥٠ ـ ١٥٠ جزءاً فى المليون
الموليبدنم	١ ـ ٣ أجزاء فى المليون	١ ـ ٣ أجزاء فى المليون
البورون	٢٠ ـ ٦٠ جزءاً فى المليون	٤٠ ـ ٦٠ جزءاً فى المليون

ويتعين دائماً تحديد طريقة التحليل المتبعة ، ومرحلة النمو النباتى التى تجمع عندها عينات الأوراق للتحليل ، والعمر الفسيولوجى للورقة (مدى ابتعادها عن القمة النامية) ، ومدى قربها من الثمار المتكونة ، وما إن كان التحليل يجرى على نصل الورقة ، أم عنقها ، أم كليهما ؛ لأن جميع هذه العوامل تؤثر على نتيجة

التحليل ؛ حيث يقل تركيز العناصر بتقدم عمر النبات ، وبتقدم العمر الفسيولوجى للورقة ، وباقترابها من الثمار المتكونة ، وفى نصلها مقارنةً بعنقها ، كما يقل تركيز العناصر فى الأوراق المصابة بالأمراض عما فى الأوراق السليمة .

ثالثاً : أعراض نقص العناصر

قد سبقت الإشارة إليها فى الفصل الرابع ، وتراجع التفاصيل فى حسن (١٩٩٧ ب) .

مصادر الأسمدة الكيميائية

إن أهم مصادر الأسمدة الكيميائية المستعملة فى الزراعات المحمية ما يلى :

أولا : الأسمدة الأزوتية

السماد	N (٪)	الذوبان (جم / لتر)
نترات النشادر (نترات الأمونيوم)	٣٣	١١٨
سلفات النشادر (كبريتات الأمونيوم)	٢١	٧٠٠
اليوريا	٤٦	٥٠٠
نترات الكالسيوم	١٥,٥	٨٠٠
حامض النيتريك التجارى (٥٥ ٪)	١٥,٥	كامل
نترات الجير المصرى	١٥,٥	منخفض جدا
نترات النشادر الجيرية	٣١	منخفض جدا

يفيد استعمال حامض النيتريك مع مياه الرى بالتنقيط فى خفض pH الماء ؛ الأمر الذى يقلل ترسيب الأملاح فى شبكة الرى ، وزيادة فرصة ذوبان وتيسر العناصر الموجودة فى التربة . ويستعمل الحامض بتركيز ٠,٢ فى الألف (أى بمعدل ٢٠٠ مل من الحامض / م^{3} من مياه الرى) .

ويلاحظ أن الأسمدة الآزوتية تتحرك فى التربة إلى المدى الذى تصل إليه مياه الرى ، وتفقد بالنسبة نفسها التى تتسرب بها مياه الرى المحتوية على السماد إلى باطن الأرض .

ثانياً : الأسمدة الفوسفاتية

السماد	P_2O_5 (٪)	الذوبان (جم / لتر)
سوبر فوسفات عادى	١٥,٥	٢٠
سوبر فوسفات تربل	٤٥	٤٠
فوسفات ثنائى الأمونيوم	٥٣	٤٢٠
حامض الفوسفوريك التجارى (٧٥ ٪)	٥٣	(سائل ذائب)

ملحوظة: للتحول من P_2O_5 إلى P يضرب فى ٠,٢٣٦٤ وللتحول من P إلى P_2O_5 يضرب فى ٢,٢٩١٥ .

يقتصر استعمال الأسمدة الفوسفاتية مع مياه الرى على كلٍّ من فوسفات ثنائى الأمونيوم (التى تحتوى ـ كذلك ـ على نيتروجين بنسبة ٢١ ٪) ، وحامض الفوسفوريك الذى يستعمل بتركيز ٠,٣ فى الألف (٣٠٠ مل من الحامض / م^3 من مياه الرى) .

أما أسمدة السوبر فوسفات فهى شحيحة الذوبان فى الماء ، وتضاف إلى التربة عند إعداد الحقل للزراعة . ويتميز السوبر فوسفات العادى عن السوبر فوسفات الثلاثى باحتوائه على كمياتٍ كبيرة من الكالسيوم والكبريت فى صورة جبس ؛ حيث يبلغ محتوى السماد من الجبس حوالى ٥٠ ٪ .

ويلاحظ أن الأسمدة الفوسفاتية المضافة مع مياه الرى لا تتحرك فى التربة إلا لمسافةٍ محدودةٍ تتراوح بين ٤ ـ ٥ سنتيمترات فى الأراضى الثقيلة ، و ١٨ سنتيمترًا فى الأراضى الرملية الخفيفة ، وذلك أيا كانت كمية المياه المستعملة فى الرية الواحدة ، أو نسبة الفاقد من ـ مياه الرى ـ بالرشح .

ثالثاً : الأسمدة البوتاسية

تعتبر كبريتات (سلفات) البوتاسيوم أهم مصادر الأسمدة البوتاسية المستعملة فى مصر ، وهى تحتوى على K_2O بنسبة ٤٨ ٪ (للتحويل من K_2O إلى K يضرب فى ٠,٨٣٠١ . وللتحويل من K إلى K_2O يضرب فى ١,٢٠٤٧) ، كما أنها شحيحة الذوبان فى الماء (يبلغ أقصى ذوبان لها فى الماء ٦٢ جم / لتر) ؛ ولذا .. فإنها

لا تستعمل بطريقة الحقن مع مياه الرى إلا بعد محاولة إذابتها فى الماء الدافئ مع تركها جانبًا لمدة يوم كاملٍ ، ثم ترشيحها خلال قطعةٍ من القماش ، وأخذ الرائق فقط للتسميد ، ولكن معدل الفاقد من السماد (الذى لا يذوب) يكون كبيرًا . ولا تجب محاولة إذابة الرواسب (التى تتكون من رملٍ ، وأتربةٍ ، وجبسٍ ، وجيرٍ . . . إلخ) ، وإنما تضاف إلى الأرصدة المكشوفة .

ولزيادة معدل ذوبان كبريتات البوتاسيوم يضاف إليها أولاً حامض النيتريك التجارى بمعدل لترٍ من الحامض لكل ٤ كجم من السماد ، ويتركان معًا لمدة حوالى ساعتين ، ثم يضاف إليهما الماء بمعدل ٤ لترات لكل كيلو جرامٍ من السماد ؛ وبذا . . يمكن حقن السماد بسهولةٍ فى ماء الرى دون أية متاعب فى عملية إذابته .

كما يمكن زيادة قابلية سماد كبريتات البوتاسيوم (وكذلك جميع الأسمدة الأخرى الشحيحة الذوبان) بإضافة ١٠٠ مل (سم^{٣}) من حامض النيتريك التجارى لكل ٢٠٠ لترٍ من المياه المستخدمة فى تحضير رائق السماد (يمكن استعمال هذه الطريقة كذلك فى تحضير رائق سماد نترات الجير المصرى ، والسوبر فوسفات العادى ، والتربل سوبر فوسفات) .

التسميد السابق للزراعة

يشتمل التسميد السابق للزراعة على كل الأسمدة العضوية ، ونحو ١٠ ٪ ـ ٢٠ ٪ من السماد الآزوتى الكلى المزمع استعماله خلال موسم النمو ، و ٢٠ ٪ ـ ٣٠ ٪ من السماد البوتاسى الكلى ، و ٦٠٪ ـ ٧٠ ٪ من السماد الفوسفاتى الكلى .

وتكون إضافة الأسمدة ـ عادةً ـ بالمعدلات التالية لكل ١٠٠ م^{٢} من مساحة الصوبة :

١م^{٣} سماد بلدى ، أو ١/٢ م^{٣} سماد أغنامٍ أو خيولٍ ، أو ١/٥ م^{٣} زرق دواجن

٢٠ كجم سلفات نشادر

٢٠ كجم سوبر فوسفات عادى

١٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٥ كجم سلفات مغنيسيوم

١٠ كجم كبريتًا زراعيا

ويعنى ذلك أن الصوبة العادية التى تبلغ مساحتها ٥٤٠م٢ تعطى قبل الزراعة الكميات التالية من الأسمدة :

٥م٣ سمادًا بلديا ، أو ٢,٥ م٣ سماد أغنامٍ أو خيولٍ ، أو ١م٣ زرق دواجن

١٠٠ كجم سلفات نشادر

١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى

٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم

٥٠ كجم كبريتًا زراعيا

يضاف السماد العضوى أولاً فى باطن خطوط الزراعة ، ثم تنثر عليه الأسمدة الكيميائية ، ثم تخلط الأسمدة كلها معًا ومع تربة المصطبة التى تتم إقامتها ، مع إقامة قناة المصطبة فى عمليةٍ واحدة .

رابعًا : مصادر المنجنيز والكالسيوم والكبريت

تعتبر كبريتات المغنيسيوم أهم مصدرٍ سماديّ للمغنيسيوم ، وهو ملح سريع الذوبان (٢٠٠ جم / لتر) ، ويحتوى على مغنيسيوم (MgO) بنسبة ٩,٦ ٪ فى ملح كيرزيربت ، و ١٨,٣ ٪ فى ملح إبسوم ؛ وهما يختلفان فى عدد جزيئات ماء التبلور .

ويتوفر الكالسيوم للنبات من السوبر فوسفات العادى والجبس الزراعى ، ويضاف كلاهما عن طريق التربة لشحة ذوبانهما فى الماء (٢ ٪ للسوبر فوسفات ، و ٠,٢ ٪ للجبس) .

كما يمكن إضافة نترات الكالسيوم مع مياه الرى أو رشُّها على الأوراق فى الأوقات الحرجة . كذلك يمكن استعمال رائق نترات الكالسيوم الجيرية (المغلفة بالجير) الشحيحة الذوبان حقنًا فى مياه الرى بعد إذابتها فى ماءٍ يحتوى على حامض نيتريك بنسبة ١٠٠ مل من الحامض / ٢٠٠ لترٍ من الماء .

أمـا الكبريت فيحصل عليه النبات مـن السوبر فوسفات العادى ، والجبس الزراعى ، وزهر الكبريت ، وكذلك المبيدات الفطرية المحتوية على الكبريت .

خامساً : مصادر العناصر الدقيقة

١ ـ الأسمدة المعدنية :

السماد (وجزيئات ماء التبلور)	العنصر الذى يوفره	نسبة العنصر (٪)	الذوبان (جم / لتر ماء)
كبريتات الحديدوز (٧ ماء)	الحديد	٢٠,١	٢٥٠
كبريتات المنجنيز(٤ ماء)	المنجنيز	٢٤,٦	٥٠٠
كبريتات الزنك (١ ماء)	الزنك	٣٦,٤	٣٣٠
كبريتات النحاس (٥ ماء)	النحاس	٢٥	٢٠٠
البوراكس (١٠ ماء)	البورون	١١,٣	١٠٠
موليبدات أمونيوم (٢ ماء)	الموليبدنم	٥٤	٢٠٠

٢ ـ الأسمدة المخلبية :

من أهم المركبات المخلبية ، ونسبة ما يرتبط بها من عناصر دقيقة ما يلى :

المركب	حديد (٪)	منجنيز (٪)	زنك (٪)	نحاس (٪)
EDTA	٥ ـ ١٤	٥ ـ ١٢	٦ ـ ١٤	٧ ـ ١٣
HEDTA	٥ ـ ٩	٥ ـ ٩	٩	٤ ـ ٩
DTPA	١٠	–	–	–
EDDHA	٦	–	–	–

وجميع الأسمدة المستعملة كمصادر للعناصر الدقيقة يمكن استعمالها رشا أو مع مياه الرى ؛ نظراً لسهولة ذوبانها فى الماء مع قلة الكميات المستعملة منها .

الفصل الثامن

أسس مكافحة الأمراض والآفات

مقدمة

لا تختلف الأسس العامة لمكافحة الآفات فى الزراعات المكشوفة كثيراً عما فى الزراعات المحمية ، إلا أن الطبيعة المغلقة للبيوت المحمية وزيادة التكلفة الإنتاجية للمتر المربع الواحد من البيت يجعلان من الممكن ـ بل ومن الضرورى أحيانًا ـ اتباع طرقٍ معينةٍ فى المكافحة قد يستحيل إجراؤها فى الزراعات المكشوفة ، ويكون إجراؤها أمرًا غير اقتصادى .

تعد بيئة البيوت المحمية مثاليةً لتطبيق مبدأ المكافحة المتكاملة للآفات ؛ فيشكل كل بيتٍ حيزًا مغلقًا ومنعزلًا عن البيئة الخارجية ؛ يمكن التحكم فيه ، خاصة فيما يتعلق بإطلاق الأعداء الحيوية للقضاء على الآفات المختلفة ، سواء أكانت حشرية ، أم مرضية ، أم غير ذلك ؛ إذ يمكن التحكم فى درجة الحرارة ، والرطوبة النسبية ، والرطوبة الأرضية بدرجةٍ كبيرةٍ ، وتعديل أيٍّ منها لتصبح فى المجال غير المناسب لآفاتٍ وراثيةٍ معينة ، كذلك تحتوى معظم الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية على مقاومةٍ وراثيةٍ لمعظم الأمراض . ويمكن الوقاية من بعض الأمراض بسهولة ؛ وذلك باتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع وصول مسببات الأمراض إلى داخل البيت . ومع أن المكافحة الكيميائية يتم التحكم فيها بصورةٍ جيدةٍ فى الزراعات المحمية ـ وذلك نظرًا لعدم وجود مشاكل أمطار ، أو رياحٍ قويةٍ ، تحد من فاعلية الرش إلاَّ أن ـ لها مساوئها الخاصة فى الزراعات المحمية ؛ فقد يُحْدِث استخدام المبيدات مثلاً أثناء ضعف شدة الإضاءة أو ارتفاع درجة الحرارة تسممًا للنباتات ، وهو ما يعرف

باسم Phytotoxicity ، كما أن قطف الثمار يستمر لفترةٍ طويلةٍ لا يجوز خلالها المكافحة بالمبيدات الخطرة على صحة الإنسان .

وعلى الرغم من أن هذا الفصل يتضمن بعض أساليب المكافحة التى لم ترد فى كتابنا « الأساليب الزراعية المتكاملة لمكافحة أمراض ، وآفات ، وحشائش الخضر » (حسن ١٩٩٨) ، إلا أنه ليس بديلاً عنه ، وتعد الإحاطة بما جاء فى كليهما أمراً ضروريا للسيطرة على أمراض وآفات الخضر فى الزراعات المحمية .

تعقيم التربة والمواد والبيئات المستخدمة فى الزراعة

يعد تعقيم التربة ـ وكذلك تعقيم المواد والبيئات المستعملة فى إنتاج الشتلات ـ أمرا روتينيا وضروريا فى الزراعات المحمية ، وقد تناولنا هذا الموضوع بإسهابٍ فى حسن (١٩٩٨) ، كما أشرنا إليه فى الفصل السابق .

استعمال أصول مقاومة للأمراض الهامة

يراجع الموضوع فى الفصل السابع من هذا الكتاب .

التغطية بالشباك غير المنفذة للحشرات

تستعمل لذلك شِباك ذات فتحات دقيقة لا تسمح بمرور الحشرات حتى الصغيرة منها ؛ مثل الذبابة البيضاء . وتعرف هذه الشباك ـ عادةً ـ باسم « الشباك المضادة للفيروسات "Anti-Virus Nets" ؛ لأن كثيراً من الحشرات التى تمنع هذه الشباكُ مرورَها (مثل الذبابة البيضاء ، والمن ، والجاسيدز . . . إلخ) تَنْقُل إلى النباتات عديداً من الفيروسات الخطيرة ؛ مثل فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى الطماطم ، وفيروسات الاصفرار (بين العروق فى الأوراق السفلى) وموزايك الزوكينى الأصفر ، وموزايك البطيخ ، وموزايك البابا ظ فى القرعيات ، وموزايك الفاصوليا الذهبى فى الفاصوليا .

توضع هذه الشباك إما على فتحات التهوية والأبواب المزدوجة فقط ، وإما أن تُغَطَّى بـها البيوت المحمية بالكامل ، مع توفير أكبر قدرٍ من التهوية فى المواسم

الحارة . وتعامل هـذه الشباك عند تصنيعها بمواد تجعلها تقـاوم الأشعة فـوق البنفسجية ؛ بحيث يمكن استعمالها لعدة سنوات .

استعمال لوحات ملونة جاذبة للحشرات ولاصقة لها

من المعروف علميا أن بعض الحشرات تنجذب نحو ألوانٍ معينة ، كما هى الحال بالنسبة للذبابة البيضاء التى تفضل اللون الأصفر . وقد أمكن الاستفادة من هذه الخاصية بجذب الحشرات نحو لوحاتٍ ملونةٍ ومغطاةٍ بمادةٍ لاصقةٍ لا تستطيع الحشرة الفكاك منها إذا لامستها ؛ كتلك المبينة فى شكلٍ (٨ ـ ١ ، يوجد فى آخر الكتاب)؛ حيث وضعت لوحات صفراء لاصقة فى مواجهة وسائد التبريد ؛ للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التى قد تتسرب إلى داخل البيت .

التحكم فى الرطوبة النسبية

تناولنا بالشرح فى الفصل الثالث وسائل التحكم فى الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية . ومن الأهمية بمكانٍ المحافظة على مستوى معتدلٍ من الرطوبة النسبية لوقف انتشار الأمراض التى تناسبها الرطوبة العالية ؛ مثل أمراض البياض الزغبى والبياض الدقيقى من جهةٍ ، و لتجنب التكثيف الرطوبى الذى يحدث عند انخفاض درجة الحـرارة والـذى يحفز الإصابة بمسببات مـرضية أخـرى خطيرة ـ مثل الفطـر B. cinerea ـ من جهةٍ أخرى .

ممارسة الأساليب المناسبة لمنع تفشى الأمراض

تعرف هذه الأساليب لغويا باسم التصحاح Sanitation ، والهدف منها الحد من تفشى الأمراض وانتشارها ؛ ومنها : تعقيم تربة الصوبة ، واستعمال بذور وشتلاتٍ خاليةٍ من الإصابات المرضية ، واستعمال أبوابٍ مزدوجةٍ للحد من دخول مسببات الأمراض والحشرات إلى داخل البيت عند فتح الباب الخارجى ، ووضع مُطهّر (مثل الفورمالين) فى المسافة بين البابين ؛ لتطهير أحذية الداخلين إلى الصوبة ، وتطهير جميع الآلات الحقلية قبل استعمالها فى الصوبة ، وتطهير الأيدى ومقصات التقليم بعد تداول نباتٍ مصابٍ بأحد الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا . . . إلخ .

هذا . وتكون الفيروسات التى تنتقل ميكانيكا (أى باللمس مثلاً) سريعة الانتشار فى البيوت المحمية ؛ لأن عمليات التقليم والتربية الرأسية التى تجرى للنباتات تزيد كثيرًا من تعرض النباتات السليمة للإصابة بعد ملامسة العامل لنباتٍ مصاب ، أو بعد استعمال العمال لمقصات التقليم فى تقليم نباتاتٍ مصابةٍ ؛ ولذا . . يفضل ـ دائمًا ـ استعمال أصنافٍ مقاومة لهذه الفيروسات فى الزراعات المحمية .

وبفحص ماء الإدماع Guttation لنباتات طماطم مصابةٍ جهازيا بفيرس موزايك الطماطم ونباتات فلفلٍ مصابةٍ بفيرس تبرقش الفلفل المعتدلPepper Mild Mottle Virus ـ وكلاهما ينتقل ميكانيكا ـ وجد French وآخرون (١٩٩٣) أنه يحتوى على جزيئات من الفيروسين فى المحصولين ؛ على التوالى . وكان تركيز كلا الفيروسين فى ماء الإدماع كافيًا لإحداث الإصابة فى النباتات السليمة . ويرى الباحثون أن ماء الإدماع هذا يمكن أن يشكل وسيلةً هامةً لانتشار الأمراض الفيروسية ـ التى تنتقل ميكانيكيا ـ فى الزراعات المحمية ؛ علما بأن ظاهرة الإدماع تزداد فى ظروف الرطوبة النسبية الشديدة الارتفاع ليلاً .

استعمال مبيدات فى صورة أدخنة وأيروسولات وأبخرة

نظرًا للطبيعة المغلقة للبيوت المحمية ، لذا فإنه كثيرًا ما يتم القضاء على الآفات الحشرية والعناكب التى فيها ؛ وذلك باستعمال مبيداتٍ فى صورة أدخنة smokes ، أو أيروسولات aerosols، لكن يجب التنبيه إلى أن المبيد المستخدم بهذه الصورة لايتبقى منه شىء بعد تهوية البيت ؛ وعليه . . فإنه يجب توقيت إعادة المعاملة بالمبيد حسب دورة حياة الحشرة . فإذا كانت دورة الحياة تستغرق ٧ أيام ، فإن المعاملة الأولى تقتل معظم الحشرات الكاملة ، ولكنها لا تقتل البيض . وتؤدى المعاملة الثانية إلى قتل بقية الحشرات التى لم يتم التخلص منها فى المعاملة الأولى ، وكذلك قتل الحشرات التى فقست من البيض قبل أن تضع بيضًا جديداً ، ولكن الحشرات التى لم تقتل فى المعاملة الأولى تكون قد وضعت بيضها . وهذه تفقس ، ويتم التخلص منها فى المعاملة الثالثة . وتتوقف الفترة بين المعاملة والأخرى على مدة دورة حياة الحشرة . وتتراوح دورة حياة معظم الحشرات بين ٥ ـ ٧ أيام ، لكن

المدة قد لا تزيد على ثلاثة أيام فى الجو الحار ، كما فى العنكبوت الأحمر ، وبعض الحشرات ، كالذبابة البيضاء . وعلى العكس من ذلك .. تطول دورة حياة الحشرات مع انخفاض درجة الحرارة . هذا .. ومن الطبيعى أن تزداد فترة فعالية المبيد عندما يتبقى جزء على الأوراق (Nelson ١٩٨٥).

المبيد	الآفات التى يستعمل لأجل مكافحتها
أولاً : المبخرات Fumigants	
الـ Aphid Smoke	المن ، ونطاطات النباتات ، والذبابة البيضاء (الطور البالغ)
الـ Ditho Smoke	العنكبوت الأحمر ، والمن ، والذبابة البيضاء ، والتربس
النيكوتين Nicotine	المن والتربس
الثيودان Thiodan	المن والذبابة البيضاء
الفابونا Vapona	العنكبوت الأحمر ، والمن ، والذبابة البيضاء ، والخنفساء المغبرة
ثانيًا الأيروسولات Aerosols	
الرزمثرين Resmethrin	الذبابة البيضاء (الطور البالغ) ، والتربس ، وخنافس الخيار
الأورثين Orthene	المن ، وصانعات الأنفاق ، والتربس ، والذبابة البيضاء

كما أمكن مكافحة البياض الدقيقى فى البيوت المحمية بأبخرة مبيد الفانجارد Vangard . تبلل قطع من الشاش، أو القماش القطنى، أو قماش البولى بروبيلين ، أو Polypropylene أو حبل بالمبيد، ثم تعلق قطع القماش فى أجزاءٍ متفرقةٍ من البيت، أو يربط الحبل بامتداد خطوط الزراعة. يؤدى بخار المبيد إلى وقف النمو الفطرى ومنع إنبات الجراثيم. وقد استمرت فعاليته حتى مع تهوية البيوت. وقد أمكن بهذه الطريقة مكافحة البياض الدقيقى فى القرعيات وغيرها من المحاصيل (Szkolnik ١٩٨٣).

المكافحة الحيوية

تحتل المكافحة الحيوية للأمراض والآفات موقعًا متميزاً فى الزراعات المحمية، بالنظر إلى إمكان التحكم فى موقع المكافحة مكانيا وبيئيا. هذا بالإضافة إلى كونها أقل تكلفةً وأكثر مناسبةً لمحاصيل الصوبات التى قد تحصد ثمارها يوميا ؛ الأمر الذى يستحيل معه معاملتها بالمبيدات الحشرية والأكاروسية.

مكافحة مسببات الأمراض

من أمثلة حالات المكافحة البيولوجية للأمراض ما يلى :

١ - أمراض البياض الدقيقى:

يمكن مكافحة فطريات البياض الدقيقى بالفطر المتطفل Ampelomyces quisqualis الذى ينتج جراثيم كونيدية لزجة يمكن أن تنتشر مع رذاذ الماء، وكذلك بجراثيم الفطر المضاد .Sporothrix spp الشبيه بالخميرة. يعد كلا الكائنين فعالاً ضد الفطر Sphaerotheca fuliginea المسبب للبياض الدقيقى فى القرعيات فى الرطوبة العالية. ويعنى ذلك ضرورة توفير رطوبة عالية مع تعريض النباتات لرذاذ من الماء على فترات للمساعدة على انتشار جراثيم الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية، ولكن يراعى ألا تتبقى أغشية مائية على النباتات لفترات طويلة؛ لكى لا تساعد على انتشار مسببات مرضية أخرى خطيرة؛ مثل الفطر Botrytis cinerea .

ومن الفطريات الأخرى التى تُضاد فطريات البياض الدقيقى كلٌّ من: Tilletiopsi spp، و .Stephanoascus spp (عن Jarvis ١٩٨٩).

مكافحة الحشرات

١ - مكافحة الذبابة البيضاء :

يتطفل الزنبور Encarsia formosa على حشرة الذبابة البيضاء . يبلغ طول أنثى الزنبور البالغة حوالى ٠,٥مم، وهى تعيش لمدة ١٤ يومًا ، تتغذى خلالها على الإفرازات السكرية للذبابة البيضاء. تضع الأنثى خلال حياتها حوالى ٦٠ بيضةً، كل منها منفردة على الطور الثالث - فقط - لحوريات الذبابة البيضاء . يفقس البيض خلال أربعة أيامٍ فى حرارة ٢١ْم؛ لتتطفل يرقات الزنبور على حوريات الذبابة.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة تكاثر كلٍّ من الطفيل (الزنبور) والحشرة (الذبابة البيضاء) ؛ حيث تكون مدة دورة حياة كلٍّ منهما - باليوم - كما يلى:

الحرارة (ْ م)	الذبابة البيضاء	Encarsia
١٠	٧٢	-
١٥	٥١	٥٥
٢٠	٣٧	٢٥
٣٠	٢٥	١٥

ويتبين من ذلك أن المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء تكون أكثر فاعليةً فى حرارةٍ أعلى من ٢٠ْم. كذلك ينخفض نشاط الزنبور المتطفل فى الإضاءة الضعيفة. ويعتبر الزنبور أكثر حساسيةً للمبيدات الحشرية من الذبابة البيضاء ذاتها.

يُربى الزنبور المتطفل على أوراق التبغ أو الطماطم، ويسمح له بالتطفل على حوريات الذبابة البيضاء قبل توزيعه بتجانسٍ تامٍّ داخل البيوت المحمية (عن Gould ١٩٨٧).

كذلك تتطفل سلالة من الفطر Cephalosporium lecanii على ذبابة البيوت المحمية البيضاء التى عزلت منها . ويتوفر الفطر فى صورة تحضيرٍ تجاريّ يعرف باسم Mycotal، وهو لا يؤثر على الزنبور Encarsia formosa المتطفل على الذبابة.

يتطفل الفطر على جميع أطوار الذبابة البيضاء T. Vaporariorum فيما عدا البيض. ويكفى - عادة - رشّتان بالفطر إذا أُحسن توقيتهما لمكافحة الحشرة بصورة جيدةٍ طوال موسم النمو. ويلزم لإصابة الفطر للحشرة توفر رطوبة نسبيةٍ عاليةٍ (أقل من ٠,٢ كيلو باسكال O.2 Kpa Vpd <) لمدة عشرة أيام. أما عملية تطفل الفطر على الحشرة لحين قضائه عليها فلا يلزم - لاستمرارها - توفر رطوبة نسبيةٍ عاليةٍ، بينما تلزم رطوبة نسبية عالية مرة أخرى لأجل تجرثم الفطر (عنGrange & Hand ١٩٨٧).

٢ - مكافحة حشرة المنّ :

يتطفل الزنبور Aphidius matricariea على نوعٍ المن Myzus Persicae فقط.

يبلغ طول الحشرة المتطفلة البالغة نحو ملليمترين، وتضع الإناث بيضها فى جسم حشرة المن الصغيرة؛ حيث تفقس إلى يرقات خلال ١٣ يومًا، وتخرج من ثقف تصنعه فى حشرة المن التى تبقى كـ «مومياء» ملتصقةً بالأوراق.

كذلك تتطفل يرقات الذبابة Aphidoletes aphidimyza على عدة أنواعٍ مـن المنّ، خاصـة تلك التى تكونّ مستعمرات عنقوديةً؛ مثل Aphis gossypii تضع الأنثى بيضها (نحو ٧٠ بيضةً) على السطح السفلى للأوراق قريباً من مستعمرات المن. وبعد فقس البيض تتغذى كل يرقةٍ من الطفيل على نحو ١٠ أفراد من المن قبل أن تتحول إلى عذارى فى غضون ٤ أيامٍ من الفقس. يتم إدخال الطفيل إلى الصوبات كعذارى محملةٍ فى البيت موس؛ حيث ينثر بالقرب من النباتات بمعدل ٢-٥ عذارى/ م٢ بمجرد مشاهدة مستعمرات المنّ. ويكرر ذلك بعد نحو ٢ - ٤ أسابيع أخرى.

ويستعمل كذلك الفطر المتطفل Cephalosporium lecanii فى مكافحة عدة أنواع من المن؛ منها:

Aphis gossypii	Myzus persicae
Brachycaudus helichrysi	Aphis fabae

ويتوفر الفطر فى صورة تحضيرٍ تجاريّ يعرف باسم Vertalec (نسبة إلى الاسم السابق لجنس الفطر Verticillum). والفطر حساس لعديدٍ من المبيدات الفطرية. يرش التحضير التجارى المحتوى على الجراثيم الكونيدية للفطر عند وجود إصابةٍ منخفضةٍ بالمن، مع ضرورة توفير رطوبةٍ عاليةٍ (تزيد على ٨٥٪) لمدة حوالى ١٠ ساعات يوميا خلال فترة تطفل الفطر على المن. يلاحظ التطفل بظهور نموٍّ أبيض قطنيٍّ من هيفات الفطر على المن.

٣ - مكافحة التربس :

يتوفـــر للمكافحـــة البيولوجـية للتربس نـــوع مفترس مـــن العناكـــب يعـــرف باسم Amblyseius mackensie، وكذلك سلالة متطفلة من الفطر C. lecanii.

كما تستعمل فى مكافحة التربس شرائط لاصقة، تلتصق بها يرقات الحشرة التى تسقط من الأوراق إلى التربة عندما يأتى وقت تحولها إلى عذارى . تعرف هذه الشرائط باسم Thripstick ؛ وهى توضع أسفل النباتات لاصطياد اليرقات (عن Gould ١٩٨٧) .

كذلك نجح Chambers وآخرون(١٩٩٣) فى مكافحة التربس Frankliniella occidentalis على الفلفل باستعمال الـ anthocorid المفترس Orius laevigatus ، وكانت المكافحة أفضل فى ظروف الإضاءة الجيدة ، وعندما كانت الإصابة بالتربس منخفضةً ابتداء .

٤ ـ مكافحة صانعات الأنفاق :

تكافح صانعة الأنفاق Liriomyza bryoniae على الطماطم بالرش بالدايمثويت ، والمالاثيون ، والدايازينون ، والبيروثرويدات الجهازية ، ولكن أمثال هذه المبيدات لا يمكن استعمالها ضمن برامج المكافحة المتكاملة التى تشتمل على عنصر المكافحة الحيوية .

ويعرف حاليًا عدد من المتطفلات التى تتطفل على صانعات الأوراق ؛ مثل : Dacnusa sibirica ،و Diglyphus isaea ،و Opius pallipes ، وجميعها تستعمل على نطاقٍ تجاريٍّ فى مكافحة صانعات الأنفاق فى الطماطم .

تضع المتطفلات الداخلية Dacnusa ،و Opius بيضها داخل أجسام يرقات صانعات الأنفاق ، وهى تحفر داخل الأنفاق ، ويستغرق الطفيل ١٦ يوماً إلى أن ينضج (فى حرارة ٢١ ْم) ؛ حيث تعيش الأنثى الناضجة لمدة ١٠ أيامٍ تضع خلالها حوالى ٩٠ بيضة .

أما Diglyphus فهى متطفل خارجى ، وتضع الأنثى بيضها منفردًا ، كل بيضةٍ منها على إحدى يرقات صانعة الأنفاق . تتغذى يرقة الطفيل ـ بعد فقسها ـ على عائلها ، ثم تتحول إلى عذراء داخل النفق .

وتزود البيوت المحمية بمتطفلات صانعات الأنفاق ؛ إما كعذارى فى علبٍ كرتونيةٍ صغيرةٍ ، وإما كأفرادٍ بالغة فى أنابيب بلاستيكية .

٥ ـ مكافحة يرقات حشرات رتبة حرشقية الأجنحة :

تعــرف يرقــات رتبــة حرشفـة الأجنـحة Lepidopterae بـاسم الجــرارات caterpillars ، وتشمل يرقات أبو دقيق والفراشات التى تعد من أخطر الآفات الزراعية . تكافح هذه اليرقات بنجاحٍ كبيرٍ برشها بجراثيم البكتريا Bacillus thuringiensis ، أو ببلورات البروتين الذى تفرزه البكتريا ، علما بأنه ليست لهذه المعاملة أية تأثيراتٍ سلبيةٍ على أية كائناتٍ أخرى من تلك التى تستعمل فى المكافحة الحيوية. وتتوفر تحضيرات تجارية من هذه البكتريا تستعمل فى المكافحة ؛ مثل المبيد دايبل Dipel .

تكون هذه البكتريا شديدة التأثير على اليرقات الصغيرة ؛ ولذا . . يجب استعمالها بمجرد ملاحظة أضرار تغذية اليرقات على النباتات . وهى تعمل كَسُمٍّ مَعِدِيٍّ ؛ حيث تتحلل البللورات البروتينية ـ داخل مِعْدَة اليرقة ـ إلى سُمٍّ يؤذى الأغشية المبطنة للقناة الهضمية للحشرة ، ويؤدى إلى تورمها بشدة . هذا . . وليس لهذا السم أية تأثيراتٍ على الإنسان أو الحيوانات الزراعية (عن Gould ١٩٨٧) .

وقد أمكن نقل الجين المسئول عن تصنيع هذا البروتين السام ـ بطرق الهندسة الوراثية ـ من البكتريا إلى عددٍ من الأنواع النباتية الهامة ؛ منها الطماطم ، والبطاطس ، والقطن ؛ الأمر الذى يجعل الأصناف التى تجمع هذا الجين مقاومةً بطبيعتها لجميع يرقات الفراشات وأبو دقيق (يرقات رتبة حرشفية الأجنحة) .

مكافحة الأكاروسات

مكافحة العنكبوت الأحمر العادى :

يستعمل العنكبوت المفترس Phytoseiulus persimilis فى مكافحة العنكبوت الأحمر العادى ، ولكن يشترط لذلك أن تكون الحرارة بين ١٨° م، و ٢٤° م ؛ حيث يكون تكاثر العنكبوت المفترس أسرع كثيرًا من تكاثر العنكبوت الأحمر . فمثلا . . يتكاثر العنكبوت المفترس بمعدلٍ يبلغ ضعف معدل تكاثر العنكبوت الأحمر فى حرارة ٢٠° م ؛ وبذا . . يمكن الحيلولة دون زيادة أعداد العنكبوت الأحمر إذا أُدخل

العنكبوت المفترس إلى الصوبة قبل بدء تكاثر العنكبوت الأحمر . هذا . . إلا أن كفاءة العنكبوت المفترس تقل كثيرًا فى الحرارة المنخفضة ، ويتوقف عن التكاثر فى حرارة ٢٧ْ م ، بينما يتكاثر العنكبوت الأحمر بسرعةٍ كبيرةٍ فى هذه الدرجة ؛ حيث يكمل دورة حياته خلال ٣ ـ ٤ أيام .

يتعين إدخال العنكبوت المفترس إلى داخل البيوت سنويا فى كل موسم ؛ لأنه ـ على خلاف العنكبوت الأحمر العادى ـ ليس له طور سكون ، كما يجب توزيع أعداده بتجانسٍ داخل الصوبة . ويلاحظ أن العنكبوت المفترس شديد الحساسية لعديدٍ من المبيدات التى تستعمل فى حماية المحاصيل المزروعة ، خاصة المبيدات الفسفورية العضوية والبيرثرويدية . ويكْثُر العنكبوت المفترس ـ عادة ـ على نباتات الفاصوليا (عن Gould ١٩٨٧) .

وقد تمكن Nihouls (١٩٩٣) من إحداث التوازن المطلوب بين العنكبوت المفترس P. persimilis والعنكبوت الأحمر T. urticae فى زراعات الطماطم المحمية ، بإدخال العنكبوت المفترس من أحد جانبى الصوبة ، مع مكافحة العنكبوت الأحمر ـ فى جانب الصوبة الآخر ـ باستعمال المبيدات (توركيو ٥٠ ٪ Torque 50% ، ونسّورن ٥٠ ٪ Nissorun 50 %) . وقد احتاج الأمر إلى ٣٣٠٠ فردٍ ـ فقط ـ من العنكبوت المفترس / ١٠٠ م٢ من الصوبة ، وثلاث رشاتٍ بالمبيدات ـ على ٥٠ ٪ من النباتات ـ لأجل تأمين مكافحة العنكبوت الأحمر لمدة ٣٠ أسبوعًا ؛ حيث إن التوازن المطلوب بين الكائنين استمر تلقائيا بمجرد حدوثه .

هذا . . ويمكن ـ لمن يرغب ـ الرجوع إلى مزيدٍ من التفاصيل عن المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروس فى الزراعات المحمية فى توفيق (١٩٩٣) .

مشاكل المكافحة الحيوية

من أهم مشاكل تطبيق مبدأ المكافحة الحيوية فى الزراعات المحمية ما يلى :

١ ـ مشاكل تقنية تتعلق بالإنتاج المكثف للمتطفلات أو المفترسات ؛ فهى يجب أن تُنتج على نطاقٍ تجاريٍّ بمعرفة شركاتٍ متخصصةٍ ، وأن يكون استعمالها على

أسسٍ ثابتةٍ ومستقرةٍ ؛ لكى تستمر هذه الشركات فى عملها . وتنهض بهذا الدور فى مصر ـ حاليًا ـ وزارة الزراعة التى تقوم بالإنتاج التجارى لأسد المن ، والفيروسات المستعملة فى مكافحة فراشة درنات البطاطس .

٢ ـ مشاكل إدارية تتعلق بضرورة المتابعة الدائمة والمستمرة لأعداد الحشرة الضارة ، وأعداد الطفيليات أو المفترسات ، وبدء التطفل أو الافتراس ، وتوطده ، واستمراره ، مع استمرار التوازن المطلوب بين الطفيل أو المفترس وعائله .

٣ ـ مشاكل نفسية يجب أن يواجهها المنتج الذى تعود على الحصول على مكافحة سريعةٍ وكاملةٍ للآفات باستعمال المبيدات ؛ فهذا الأمر لا يتحقق أبداً فى المكافحة البيولوجية ، وعلى المنتج أن يغير من فلسفته ونظرته إلى كثيرٍ من الأمور ، كما يلى :

أ ـ يتعين ـ بدايةً ـ إدخال أعدادٍ محدودةٍ من الحشرة الضارة التى يرغب فى مكافحتها والسماح لها بالتكاثر وإحداث ضررٍ محدودٍ ؛ لكى يتوفر الغذاء اللازم للمفترس أو الطفيل قبل إدخاله الصوبة . وإذا وجد المنتج صعوبةً فى تقبل ذلك ، فليس أقل من إدخال الحشرة ومفترسها أو طفيلها فى آنٍ واحدٍ ، أو الانتظار لحين تكاثر الحشرة ـ طبيعيا ـ وبداية ظهور أضرارها قبل إدخال أعدائها الطبيعيين .

ب ـ لا يمكن ـ أبدًا ـ تحقيق مكافحة كاملة عند الاعتماد على المكافحة الحيوية ؛ فالحشرة الضارة يجب أن تكون متواجدةً باستمرار ، وإلا انقرضت أعداؤها التى لا تجد ـ حينئذ ـ غذاءً مناسبًا لها . وبذا . . فإنه يتعين تقبل بعض الأضرار الحشرية البسيطة فى ظلِّ نظام المكافحة الحيوية، ولكن هذه الأضرار تبقى فى الحدود المسموح بها والمحددة سلفًا .

جـ ـ تكون المكافحة الحيوية بطيئةً ؛ فمثلاً قد تستغرق مكافحة العنكبوت الأحمر العادى مدة ٦ أسابيع .

٤ ـ مشاكل فنية تتعلق بعملية التطبيق ذاتها ؛ مثل :

أ ـ قد يؤدى أى تأخير فى إدخال الطفيل أو المفترس إلى الصوبة إلى حدوث

أضرارٍ كبيرةٍ من جراء تكاثر وتغذية الآفة ، التى قد تتزايد أعدادها إلى مستوياتٍ تفقد معها المكافحة الحيوية فاعليتها .

ب ـ ضرورة تغيير نمط بعض عمليات الخدمة الزراعية ؛ مثل تقليل عمليات إزالة الأوراق السفلية والفروع الزائدة التى تأوى أعدادًا كبيرةً من الطفيليات أو المفترسات النشطة بيولوجيا .

جـ ـ قد يؤدى القضاء على الآفات الهامة ـ مع عدم استعمال المبيدات فى المكافحة ـ إلى تكاثر آفاتٍ أخرى واستفحال أخطارها . ويؤدى استعمال المبيدات فى مكافحة هذه الآفات إلى فشل المكافحة الحيوية .

المكافحة بالرش بالمبيدات

على الرغم من الوعى العام بأخطار المبيدات على صحة الإنسان والبيئة ، إلا أن استعمالها فى مكافحة الآفات فى البيوت المحمية ما زال هو أكثر طرق المكافحة شيوعًا .

ومن أهم المشاكل التى تواجه استعمال المبيدات فى المكافحة فى البيوت المحمية ما يلى :

١ ـ قلة أعداد المبيدات المرخص باستعمالها فى البيوت المحمية ؛ فليست كل المبيدات المرخص باستعمالها على محصولٍ معينٍ فى الزراعات المكشوفة بصالحةٍ له فى الزراعات المحمية ؛ حيث تلاحظ زيادة حالات التسمم للإنسان وللنبات عند استعمال مبيداتٍ معينةٍ على محاصيل الصوبات ؛ ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية كثيرًا بين نوعَىّ الزراعات ، ولكون البيوت المحمية ذات بيئةٍ مغلقة .

٢ ـ قِصَر فترة دورة حياة الحشرات والأكاروسات فى ظل ظروف الحرارة العالية فى الزراعات المحمية ؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فتراتٍ قصيرةٍ ؛ مما يؤدى إلى ظهور سلالاتٍ جديدةٍ من تلك الآفات مقاومةٍ للمبيدات المستعملة ؛ وهو ما يحدث باستمرار فى كلٍّ من : الذبابة البيضاء ، والعنكبوت الأحمر .

٣ ـ صعوبة مقاومة أطوار معينة من بعض الحشرات بالمبيدات ؛ كما هى الحال

بالنسبة لطور الحوريات فى حشرة الذبابة البيضاء ، التى تعد من أخطر آفات الزراعات المحمية . وبمجرد تحول الحورية - التى تقاوم فعل المبيدات - إلى حشرة كاملة ، فإنها تعاود التكاثر من جديد ؛ الأمر الذى يتطلب تكرار الرش على فترات متقاربة .

٤ - حصاد جميع محاصيل الزراعات المحمية على فترات متقاربة ؛ الأمر الذى يستحيل معه استعمال المبيدات الحشرية والأكاروسية خلال موسم الحصاد دون تعريض صحة الإنسان للخطر .

ممارسات خاصة لمكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات اللاأرضية

تتميز الزراعات اللاأرضية - خاصة المائية منها - بإمكان تطبيق وسائل لمكافحة الآفات فيها بيسر وسهولة وفاعلية كبيرة يصعب - أو يستحيل - تطبيقها فى الزراعات المحمية العادية . ومن هذه الوسائل ما يلى :

المعاملة بالسيليكون

عرفت أهمية السيليكون فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض منذ أواخر السبعينيات ، عندما وجد أنه يفيد فى مكافحة أمراض عصفة الأرز Rice Blast ، ولفحة الغمد Sheath Blight فى الأرز ، والبياض الدقيقى فى الشعير ، والقمح ، والخيار .

وفى البداية كان يضاف السيليكون إلى التربة بكميات كبيرة ، وصلت إلى ٤,٥ طنا من SiO_2 / هكتار لمكافحة البياض الدقيقى فى القمح ، بينما تطلبت مقاومة البياض الدقيقى فى الخيار إضافة ٢ - ٤ أطنان من سيليكات الكالسيوم ، أو ٢,٢٥ - ٤,٥ طنا من سيليكات البوتاسيوم للهكتار .

وتَلَتْ ذلك محاولة إضافة السيليكون إلى النباتات بطريقة الرش على النموات الخضرية ؛ حيث استعملت كل من ميتاسيليكات الصوديوم sodium metasilicate بتركيز ٤٤٠ جزءًا فى المليون ، وإيثوكسى سيلاتران 1-ethoxysilatran بتركيز ١٨٠ جزءًا فى المليون فى مكافحة مرض عصفة الأرز .

وقد وجد Menzies وآخرون (١٩٩٢) أن رش نباتات الخيار ، والقاوون والكوسة بمحلول سيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٧ مللى مولار سيليكون ، أو إضافة السيليكون ـ بالتركيز نفسه ـ إلى المحاليل المغذية للمزارع المائية التى تنمو فيها النباتات ـ قبل يومٍ من حقنها بالفطر Sphaerotheca fuliginea (المسبب للبياض الدقيقى فى الخيار والقاوون) ، أو بالفطر Erysiphe cichoracearum (المسبب للبياض الدقيقى فى الكوسة) ـ أحدث نقصًا معنويا فى إصابتها بالبياض الدقيقى مقارنةً بمعاملة الشاهد . وأوضحت الدراسة أن السيليكون ـ وليس البوتاسيوم فى معاملة سيليكات البوتاسيوم ـ كان هو المسئول عن المقاومة للبياض الدقيقى .

كذلك وجد أن إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية يحد كثيراً من الإصابة بالفطرين Pythium ultimum ، و Pythium aphanidermatum فى الخيار ، وكلاهما من الفطريات الخطيرة التى يمكن أن تنتشر بسرعةٍ كبيرةٍ فى المزارع المائية فى الظروف البيئية المناسبة . ويتبين من دراسات Chérif وآخرين (١٩٩٤) أن إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون (١,٧ مللى مولار) إلى المحاليل المغذية أحدثت نقصًا جوهريا فى الإصابة بالفطر P. aphanidermatum (عند حقن المزارع به) ، مع زيادة المحصول الكلى للخيار ، والمحصول الصالح للتسويق ، والوزن الجاف للنباتات مقارنةً بمعاملة الحقن بالفطر دون إضافةٍ للسيليكون . كما أوضحت الدراسة أن معاملة السيليكون وحدها ـ دون الحقن بالفطر ـ لم يكن لها تأثيرات إيجابية على النباتات.

التحكم فى نِسَب ومستويات العناصر

تلعب نسب ومستويات العناصر فى المحاليل المغذية ـ خاصة مستويات العناصر الكبرى ، ونسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين ـ دوراً هامًا فى حماية النباتات من بعض الإصابات المرضية .

فمثلاً . . درس Dhanvantari & Papadopoulos (١٩٩٥) تأثير استعمال نسبٍ مختلفةٍ من البوتاسيوم إلى النيتروجين فى المحاليل المغذية (هى النسب : ٣٠٠ : ٣٠٠ ، و ٤٠٠ : ٢٠٠ ، و ٤٨٠ : ١٢٠) على إصابة الطماطم بمرض

عفن الساق البكتيرى ، الذى تسببه البكتيريا Erwinia carotovara subsp. carotovora فى مزارع الصوف الصخرى . وقد كان متوسط طول العفن الذى أحدثته البكتيريا على سيقان النباتات ـ عندما بلغت من العمر ١١ أسبوعاً ـ هو : ٤٣٥ ،و ٥٠٧ ، و٦٣ ملليمتراً لمعاملات نسب البوتاسيوم إلى النيتروجين المنخفضة ، والمتوسطة ، والعالية (المبينة أعلاه) ، على التوالى .

التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى

يفيد التحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى فى الحد من انتشار بعض الأمراض الهامة . وقد أمكن بهذه الطريقة الحد من انتشار أعفان جذور السبانخ المتسببة عن الفطريات Pythium aphanidermatum ، و P. dissotocum (Gould & Stanghellini ١٩٨٥) .

المعاملة بالمركبات الشيتينية

المركبات الشيتينية Chitinic هى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية . ويصنع من هذه المركبات تحضيرات تجارية تفيد فى مكافحة الأمراض النباتية ؛ مثل تحضير الشيتوسان Chitosan .

وقد وجد El-Ghaouth وآخرون (١٩٩٤) أن إضافة الشيتوسان إلى المحاليل المغذية ـ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ـ بتركيز ١٠٠ أو ٤٠٠ جزءٍ فى المليون ـ أدى إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum ، ونشّط فى النباتات عدة استجاباتٍ دفاعيةٍ ؛ منها : تكوين موانع فيزيائيةٍ تركيبيةٍ structural barriers فى أنسجة الجذر ، وتحفيز تكوين الإنزيمات المضادة للفطريات Chitinase ، و Chitosanase ، و β -1,3 -glucanase فى كلٍّ من : الجذور ، والأوراق . وبينما لم يكن للشيتوسان تأثيرات ضارة على الخيار ، فإنه أثر سلبيا على نمو الفطر المسبب للمرض ؛ حيث أحدث تورماتٍ فى جدره الخلوية ، وأدى إلى تكوين فجوات بخلاياه ، وتسبب ـ أحياناً ـ فى تحلل البروتوبلازم فيه .

المعاملة بالمبيدات

يمكن إضافة المبيدات الفطرية والحشرية الجهازية بيسرٍ وسهولةٍ ، وبكفاءةٍ عاليةٍ إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية ، خاصة المزارع المغلقة منها ؛ الأمر الذى يحد كثيراً من تكلفة المعاملة بالمبيدات ؛ فمثلاً . . وجد Grote & Bucsi (١٩٩٢) أن إضافة مبيد رادوميل زينب إلى المحاليل المغذية بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون وفَّر حمايةً لنباتات الطماطم من الإصابة بالفطر Pytophthora nicotianae var. nicotianae لمدة ٤٠ يومًا فى مزارع الصوف الصخرى . وقد نقصت الحماية التى وفرها المبيد بمرور الوقت ، ولكن أمكن توفير حمايةٍ كاملةٍ ضد المرض بمعاملتين من المبيد يفصل بينهما ٢١ يومًا ؛ لتجنب حدوث أى تسممٍ للنباتات من المبيد . وكانت المعاملة الوقائية بالمبيد أفضل من المعاملة العلاجية ، إلا أن المعاملات العلاجية التى أجريت فى المراحل الأولى للإصابة بالفطر كانت فعّالةً كذلك . وبمقارنة النمو النباتى للطماطم فى مختلف المعاملات كان أفضل نموٍّ فى المزارع غير المعاملة بالمبيد وغير المحقونة بالفطر ، ثم فى المزارع المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر ، ثم أخيرًا فى المزارع غير المعاملة بالمبيد والمحقونة بالفطر .

كما أفاد استعمال الميتالاكسيل Metalaxyl فى مكافحة الفطر Pythium aphanidermatum فى المزارع المائية .

كذلك . . فإن ٥٠ جزءًا فى المليون من البينوميل فى المحاليل المغذية لمزارع تقنية الغشاء المغذى تحمى نباتات الخيار من الإصابة بالبياض الدقيقى .

ولا يمكن استعمال المبيدات الجهازية ـ بالصورة السابقة ـ مع النباتات النامية فى التربة ، عن طريق إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط ؛ بسبب تعارض التربة مع تيسر المبيد للنبات ؛ الأمر الذى يتطلب زيادة الكمية المستعملة منه ، مع ضرورة إضافته على فتراتٍ أكثر تقاربًا مما فى حالة المزارع المائية .

المكافحة الحيوية

من أمثلة وسائل المكافحة الحيوية التى يسهل تطبيقها فى المزارع المائية المغلقة ما يلى :

إضافة بكتيريا الـ Pseudomonads

تعرف عدة أنواعٍ بكتيرية مفيدةٍ للنباتات تتبع الجنس Pseudomonas . تعيش هذه البكتيريا فى التربة فى منطقة النمو الجذرى (الـ Rhizosphere) للنباتات ، وتعمل على تحفيز النمو النباتى ، كما تُضاد نمو وتكاثرِ بعض الأنواع الميكروبية الأخرى المرضة للنباتات .

وقد وجد Buysens وآخرون (١٩٩٣) أن تزويد مزارع الطماطم المائية (تقنية الغشاء المغذى) بالسلالة 7NSK2 من البكتيريا Pseudomonas aeruginosa أعطى مكافحةً جيدةً للفطر .Pythium spp. وأمكن التغلب على الذبول الطرى لبادرات الطماطم بمعاملة البذور بالفطر P. aeruginosa ، ووفرت حمايةً إضافيةً من الإصابة بالفطر ؛ وذلك بإضافة البكتيريا إلى المحلول المغذى ذاته .

كذلك درس Rankin & Paulitz (١٩٩٤) تأثير إضافة عددٍ من عزلات النوعين البكتيريين Pseudomonas corrugata ، وP. fluorescens على نمو نباتات الخيار وحمايتها من الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum فى مزارع الصوف الصخرى . وعلى الرغم من تباين العزلات فى مدى تأثيرها ، إلا أن كلا النوعين البكتيريين أحدثا زيادةً كبيرةً فى الوزن الجاف للنبات ، وزيادةً بنسبة ٣٢ ٪ ـ ٤١ ٪ فى عدد الثمار فى غياب الفطر ، بينما كانت الزيادة فى عدد الثمار الصالحة للتسوق عند إضافة البكتريا ـ مقارنةً بمعاملة الشاهد ـ أكثر من ٦٠٠ ٪ فى وجود الفطر .

إضافة فطريات الميكوريزا Mycorhizae

توفر فطريات الميكوريزا ـ التى تعيش وهى متصلة اتصالاً بيولوجيا وثيقًا بجذور النباتات ـ عدة فوائد للنباتات ، لعل من أبرزها توفير العناصر المغذية للنبات ، خاصةً عنصر الفوسفور ، ومساعدة النبات على تحمل الظروف البيئية القاسية ،

-خاصةً ظروف الجفاف - وتوفير الحماية للنباتات من الإصابة ببعض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة ، خاصةً تلك التى تحدث فيها الإصابة عن طريق الجذور .

وقد وجد Rattink (١٩٩٣) أن إضافة فطر الميكوريزا Trichoderma harzianum إلى مزارع تقنية الغشاء المغذى أدت إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بمرض عفن التاج والجذر الفيوزارى الذى يسببه الفطر Fusarium oxysporum f. sp. radicis - lycopersici ؛ حيث انخفضت نسبة النباتات المصابة ـ نتيجةً لإضافة فطر الميكوريزا بنحو ٧٠ ٪ أو أكثر . وبالمقارنة .. فإن معاملة المزرعة المائية ـ بعزلةٍ من Streptomyces griseoviridis أو بعزلتين غير ممرضتين non- pathogenic من الفطر F. oxysporum ـ لم تنجح فى مقاومة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى بكفاءة فطر الميكوريزا نفسها .

تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة

إن المحاليل المغذية المستعملة فى المزارع المائية ذوات النظم المغلقة ـ مثل تقنية الغشاء المغذى ـ تكون فى البداية خاليةً تمامًا من جميع المسببات المرضية . وإذا ما حدث وتلوثت تلك المحاليل بمسببات الأمراض فإنه يمكن تعقيمها بصورةٍ أيسر مما فى حالة تعقيم التربة أو بيئات الزراعة الأخرى. وسبب هذه السهولة فى التعقيم أن المحلول الغذائى المستعمل يمر جميعه من خلال ماسورةٍ واحدةٍ قبل تجمعه فى خزان المحلول .

ومن أهم الوسائل المستعملة فى تعقيم المحاليل المغذية فى النظم المغلقة ما يلى :

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet

تفيد هذه المعاملة فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحاليل المغذية ؛ فمثلاً .. وجد Buyanovsky وآخرون (١٩٨١) أن معاملة التعريض للأشـ[illegible] البنفسجية ($572\ Jm^{-2}h^{-1}$) ـ لمدة ٣ ساعات يوميا طوال فترة زراعة الطماطم ـ أحـ[illegible] نقصًا فى عدد الكائنات الدقيقة بالمحلول المغذى من ٥٠٠ - ٨٠٠ × ١٠^٣ إلى ١٠-

٥٠ × ١٠ ^{٣} مل ، لكن Collins & Jensen (١٩٨٣) يذكران أنه بينما كانت معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية مجديةً فى تقليل أعداد البكتيريا المسببة للأمراض فى تقنية الغشاء المغذى فى انجلترا ، فإن هذه المعاملة لم تكن مفيدة فى أريزونا ؛ لأنها أحدثت نقصًا فى أعداد البكتيريا خلال اليومين الأولين فقط من المعاملة ، أعقبته زيادة أعداد البكتيريا بعد ذلك إلى ما كانت عليه قبل الإِشعاع ، حتى مع استمرار الإِشعاع . وبينما تسببت المعاملة فى قتل الجراثيم السابحة (zoospores) لفطر الـ Pythium فى المحاليل المغذية ، إلاّ أنها تسببت أيضًا فى تحويل الحديد المخلوب إلى صورةٍ غير ميسرةٍ لامتصاص النبات ؛ وهو الأمر الذى تطلب إضافة مزيدٍ من الحديد بعد كل معاملة تعريضٍ للأشعة .

ولكن وُجِدَ ـ لحسن الحظ ـ أن طرز الحديد المخلوبة تتباين فى مدى تأثرها بالأشعة فوق البنفسجية (عن Cooper ١٩٧٩) .

وقد أثبتت دراسات Schwartzkopf وآخرين (١٩٨٧) على المزارع المائية للخس أن معاملة المحاليل المغذية بجرعاتٍ منخفضةٍ من الأشعة فوق البنفسجية كانت وسيلةً فعالةً للتخلص من البكتيريا فى المحلول المغذى ، كما أحدثت المعاملة تحسناً فى النمو النباتى . وعلى الرغم من أن الجرعات العالية من الأشعة أحدثت خفضًا قدره ٩٨ ٪ فى أعداد البكتيريا ـ مقارنةً بخفضٍ قدره ٨١ ٪ فقط فى حالة الجرعات المنخفضة ـ إلا أن الجرعات العالية أحدثت ـ كذلك ـ نقصًا جوهريا فى النمو النباتى .

التعقيم بالموجات فوق الصوتية Ultra-Sonic

تفيد هذه المعاملة ـ كذلك ـ فى خفض أعداد الكائنات الدقيقة فى المحلول المغذى ، ولكن يعتقد أنها تؤدى ـ مثل معاملة الأشعة فوق البنفسجية ـ إلى التأثير على تيسر الحديد المخلبى فى المحلول المغذى .

التعقيم بالترشيح

من السهولة بمكانٍ تمريرِ المحلول على مرشحات (فلاتر) تعمل على منع مرور الكائنات المسببة للمرض قبل وصول المحلول المغذى إلى خزان التجميع . وقد

استعمل Schwartzkopf وآخرون (١٩٨٧) فلاتر تحت ميكرسكوبية (ذات فتحات بقطر ٠,٢٢ مللى ميكـرون) فى مزارع مائية للخس ، أدت إلى التخلص من البكتيريا بنسبة وصلت إلى ٩٩ ٪ ، وأحدثت تحسنًا فى النمو النباتى مقارنةً بمعاملة الشاهد .

ويذكر Goldberg وآخرون (١٩٩٢) أن الفطر Pythium aphanidermatum يحدث مشاكل كبيرةً فى المزارع المائية المغلقة للخيار والطماطم ؛ لأن جراثيمه السابحة تنتقل مع المحلول المغذى لتصيب جميع النباتات فى المزرعة . وقد أمكن مكافحة الفطر بصورةٍ كاملةٍ بإمرار المحلول المغذى الملوث بالجراثيم السابحة للفطر ثلاث مرات على مرشحين ؛ أولهما ذو ثقوبٍ بقطر ٢٠ ميكرومتير ، وثانيهما ذو ثقوبٍ بقطر ٧ ميكروميترات . ولم يكن المرشح الأول (ذو الثقوب الأوسع) ـ وحده ـ كافيًا للتخلص من الجراثيم السابحة للفطر .

هذا . . إلا أن Lillo وآخرين (١٩٩٣) وجدوا أن المحاليل المغذية المرشحة سرعان ما تلوثت مرةً أخرى بالبكتيريا ؛ حيث لم يجدوا فرقًا معنويا بين أعداد البكتيريا فى المحاليل المغذية المرشحة وغير المرشحة ، وكل ما تأثر بعملية الترشيح هو تواجد المركبات العضوية (الكربونية) التى كان تركيزها الكلى ٢٣ جزءًا فى المليون فى المحاليل غير المرشحة ، انخفض إلى ١٥ جزءًا فى المليون فى المحاليل المرشحة ، وكانت جميعها من المركبات الشبيهة بالتانين واللجنين .

التعقيم بالحرارة

تبدو فكرة تعقيم المحاليل المغذية بالحرارة أمرًا سهلاً وممكناً ، وكل ما تتطلبه هو توفير حلٍّ مناسبٍ لضرورة برودة المحلول المغذى إلى درجة الحرارة العادية قبل إعادة ضخه فى المزرعة من جديد . ويمكن أن يتحقق ذلك إما بإجراء التعقيم فى بداية الليل حينما يتوقف ضخ المحلول المغذى بصورةٍ طبيعيةٍ ، وإما بتخصيص خزانين للمحلول يتم تعقيم المحلول فى أحدهما ، بينما يستعمل المحلول فى الآخر ، على أن يُعْكَس الأمر كلما دعت الضرورة إلى تكرار عملية التعقيم .

الفصل التاسع

إنتاج الطماطم

اقتصاديات إنتاج الطماطم المحمية

تعتبر الطماطم ـ أو البندورة ، أو الطماطة ـ (Lycopersicon esculentum Mill.) من أهم محاصيل البيوت المحمية على المستوى العالمى ، على الرغم من أنها لم تعد تحتل ذات المستوى فى مصر وبعض الدول العربية الأخرى . ويرجع ذلك إلى أسبابٍ اقتصادية محضة ؛ فلا يكفى أن يكون إنتاج البيوت المحمية من الطماطم عاليًا لتغطية تكلفة الإنتاج ، بل لابد أن تكون أسعار البيع مجزية . ولا يتحقق ذلك ـ فى مصر ـ إلا لفترةٍ قصيرةٍ من موسم إنتاج الزراعات المحمية ، تمتد من أوائل مارس إلى أوائل مايو. وتكون الأسعار منخفضةً كثيرًا قبل هذه الفترة وبعدها؛ بسبب زيادة المعروض من محصول العروتين الخريفية والصيفية ـ فى الحقول المكشوفة ـ على التوالى . وحتى خلال فترة الشهرين ـ من أوائل مارس إلى أوائل مايو ـ فإن إنتاج البيوت المحمية من الطماطم أصبح يواجَه بمنافسةٍ قويةٍ من إنتاج الأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، التى انتشرت كثيرًا منذ منتصف الثمانينيات ، والتى تعطى جُلَّ إنتاجها خلال الفترة نفسها ، بينما تقل تكاليف زراعتها كثيرًا عن تكاليف الإنتاج فى الزراعات المحمية .

وبناءً على ما تقدم بيانه .. فإن إنتاج الطماطم فى البيوت المحمية ـ تحت الظروف المصرية ـ يمكن أن يكون مجزيًا فى الحالات التالية :

١ ـ عند وجود تعاقدات سابقةٍ على التصدير تضمن سعرًا مناسبًا للمنْتَج خلال أطول فترةٍ ممكنةٍ من موسم الحصاد .

٢ ـ عند إنتاج الأصناف الكريزية Cherry Tomato التى يتعين تربيتها رأسيا ؛ ليمكن حصادها بيسرٍ وسهولة .

٣ ـ عند السيطرة على الذبابة البيضاء التى تنقل إلى النباتات فيرس التفاف واصفرار أوراق الطماطم ، بينما يكون الفيرس منتشراً بصورةٍ وبائيةٍ فى الحقول المكشوفة ؛ الأمر الذى يتكرر سنويا فى معظم الزراعات الخريفية .

٤ ـ عند زراعة أصناف تتحمل العقد فى الحرارة العالية ، فى بيوتٍ مبردةٍ أو مظللةٍ جيدة التهوية ؛ بحيث تعطى محصولها خلال الفترة الثانية لارتفاع الأسعار خلال شهرى سبتمبر وأكتوبر .

هذا .. وترتفع ـ إلى حدٍّ كبيرٍ ـ أسعار بذور هجن الطماطم المستعملة فى الزراعات المحمية فى مختلف الدول العربية حيث تتراوح ـ فى المتوسط ـ (أسعار ١٩٩٥ بالدولار الأمريكى / ١٠ جرامات من البذور) بين ١٠,٥ دولارًا فى الأردن ، و ٢٦ دولارًا فى مصر ،و ٥٠ دولارًا فى سوريا ،و ١٠٨ دولارات فى المغرب .

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

الشروط التى يجب توافرها فى الأصناف

من أهم الشروط التى يجب توافرها فى أصناف الطماطم المناسبة للزراعات المحمية ما يلى :

١ ـ الإنتاجية العالية للعمل على خفض تكلفة إنتاج الطن الواحد من الثمار .

٢ ـ النوعية الجيدة ليتسنى عرضها للبيع بأسعارٍ مجزيةٍ ، سواء فى الأسواق المحلية أم عند التصدير .

٣ ـ أن تكون غير محدودة النمو ؛ حتى يمكن تربيتها رأسيا .

٤ ـ أن تكون مقاومةً لبعض الأمراض الهامة التى تؤثر تأثيراً سيئًا على المحصول ؛ مثل نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى ، وفيرس موازيك التبغ ، وفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم .

٥ ـ أن تتحمل العقد فى الحرارة المنخفضة للتغلب على مشكلة انخفاض درجة الحرارة شتاءً إلى ما دون الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المدفأة فى المناطق المعتدلة ، ولغرض التوفير فى طاقة التدفئة فى البيوت المدفأة بالمناطق الباردة .

٦ ـ أن تتحمل العقد فى الحرارة العالية ؛ للتغلب على مشكلة ارتفاع درجة الحرارة صيفًا إلى أكثر من الحد المناسب لعقد الثمار فى البيوت غير المبردة فى المناطق المعتدلة ، ولغرض التوفير فى طاقة التبريد فى البيوت المبردة بالمناطق الحارة .

٧ ـ أن يمكنها العقد الجيد فى ظروف البيوت المحمية المتمثلة فى انعدام الرياح ، مع انخفاض شدة الإضاءة شتاءً .

٨ ـ نظرًا لأن جميع أصناف الزراعات المحمية تزرع لأجل الاستهلاك الطازج ؛ لذا . . يجب أن يتوفر فيها جميع الصفات المرغوبة فى أصناف الاستهلاك الطازج ، وخاصة صفات الجودة العالية فيما يتعلق بالطعم ، والحجم ، والشكل ، والصلابة العالية حتى تتحمل الشحن .

الأصناف الهامة

إن جميع أصناف الطماطم المستخدمة فى الزراعات المحمية هى من الهجن العالية المحصول ، والمتعددة المقاومة للأمراض ، وغالبيتها أصناف أوروبية .

ومن أهم الهجن التى نجحت زراعتها ـ وتنتشر فى معظم الدول العربية ـ ما يلى :

١ ـ كارميللو Carmello:

غزير النمو الخضرى . ثماره كبيرة الحجم ، لحمية مفصصة ، ذات كتف أخضر ، جيدة الطعم . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيليم ، وفطر استمفيلليوم ، وفيرس موزايك التبغ .

تيركوزا Terqueza:

ثماره متوسطة الحجم ، ومتجانسة فى تلك الصفة فى العنقود الواحد وفى مختلف

العناقيد على امتداد الساق . مقاوم لكلٍ من : نيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وفيرس موزايك التبغ .

٣ ـ دومبو Dombo :

ثماره متوسطة الحجم ، متجانسة فى تلك الصفة ، لَحْمية ، غير مفصصة . غير مقاوم لنيماتودا تعقد الجذور .

٤ ـ دومبللو Dombillo :

قوى النمو الخضرى . ثماره متوسطة إلى كبيرة الحجم ، متجانسة فى هذه الصفة ، لَحّمية ، غير مفصصة . مقاوم لكلٍ من : نيماتودا تعقد الجذور ،و الذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم .

٥ ـ مونت كارلو Monte Carlo:

قوى النمو الخضرى . ثماره متوسطة الحجم ، متجانسة فى هذه الصفة ، لحمية . مقاوم لكلٍ من : نيماتودا تعقد الجذور ، و الذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم ، و فيرس موازيك التبغ .

٦ ـ برمودا Bermuda:

ثماره كبيرة الحجم ، مفلطحة قليلاً ، صلبة ، ولحمية . يصلح للشحن والتصدير . مقاوم لكلٍ من : نيماتودا تعقد الجذور ، و الذبول الفيوزارى ، وتبقع الأوراق ، وفيرس موزايك التبغ .

وتبعًا لـ صالح (١٩٨٨) . . فإن الهجينين كارميللو ، وميريتو Mereto هما أكثر أصناف الطماطم انتشارًا فى الزراعات المحمية فى دولة الإمارات ، ويعطيان محصولاً يتراواح بين ١٨ طنا ، و ٢١ طنا / ١٠٠٠ م^{٢} . وقد تفوقت عليهما هجن جديدة ؛ هى :

الصنف الهجين	المحصول (طن / ١٠٠٠ م^{٢})
سرينا Sirena	٢٨
كارامينا Caramina	٢٩,٨
روماتوس Romatos	٢٩
دافيستا Davista	٢٦,٨
رويستا Royesta	٢٥,٧

ومن هجن الزراعات المحمية ـ الأخرى ـ الهامة ما يلى :

١ ـ كرستينا Cristina:

يتحمل العقد فى الحرارة المنخفضة . ثماره صلبة ، متوسطة الحجم ، بدون كتف أخضر ، مفلطحة قليلاً . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى (السلالتين ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وفيرس موزايك التبغ . يتحمل الشحن والتخزين .

٢ ـ نوفى Novy :

ثماره صلبة ، متوسطة الحجم ، بدون كتف أخضر ، عميقة التفلطح . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ،والذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم ، وفيرس موزايك التبغ . يتحمل الشحن والتخزين .

٣ ـ داريو Dario:

ثماره كروية ، ومتوسطة الحجم ، ومتجانسة. مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوازرى (السلالتين ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وفطر استمفيلليوم Stemphyllium ، وفيرس موزايك التبغ .

٤ ـ رامون Ramon:

يعتبر بديلاً للصنف كارميللو ، الذى يتشابه معه فى صفاته ، ولكنه يتميز عنه بكون ثماره أكثر انتظامًا وصلابةً من ثمار الصنف كارميللو .

٥ ـ كاربى Carpy :

ثماره كروية ، متعددة الحجيرات ، ذات أكتاف خضراء ، متوسطة الحجم . وتعقد ثماره جيدًا فى الحرارة المنخفضة . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وعفن الأوراق (الذى يسببه الفطر Cladosporum fulvum) ، وفيرس موزايك التبغ .

٦ ـ كوميت Comet:

ينتج ثمارًا بكريةً فى الظروف غير المناسبة للعقد (الباردة والحارة) . مبكر

نسبيا . ثماره كروية مفلطحة ذات كتفٍ أخضر ، مفصصة نسبيا ، متوسطة الحجم . مقاوم لكلٍّ من : الذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢) ،وذبول فيرتسيلليم ، وعفن الأوراق ، وفيرس موزايك التبغ .

٧ ـ سويت ١٠٠ Sweet 100:

ثماره كريزية صغيرة . تربى نباتاته رأسيا على ساقين .

٨ ـ سيدونيا Sidonia:

ثماره متوسطة الحجم ، ذات كتفٍ أخضر ، مفلطحة قليلاً ، متعددة المساكن . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وفيرس موزايك التبغ .

٩ ـ رويستا Royesta:

ثماره كبيرة ، كروية الشكل ، ذات كتفٍ أخضر ، متعددة المساكن . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى (السلالتان ١ ، ٢) ، وذبول فيرتسيلليم ، وفيرس موزايك التبغ .

١٠ ـ بيب Pepe:

ثماره كريزية . مبكر جدا . يتحمل الحرارة العالية . مقاوم لكلٍّ من : الذبول الفيوزارى ، وفيرس موزايك التبغ .

١١ ـ توم بوى Tom boy:

ثماره كريزية كبيرة (حوالى ٢٠ جرامًا للثمرة الواحدة) . مبكر جدا . شديد التحمل للحرارة العالية .

١٢ ـ بادالونا Badalona:

ثماره كبيرة ، منضغطة ، ذات كتفٍ أخضر ، متعددة المساكن . مقاوم لكلٍّ من : نيماتودا تعقد الجذور ، والذبول الفيوزارى ، وذبول فيرتسيلليم ، وعفن الأوراق (كلادوسبوريم) ، وفيرس موزايك التبغ .

١٣ ـ باسينتو Basento:

ثماره متوسطة الحجم ، ذات كتفٍ أخضر ، ومنضغطة قليلاً . مقاوم لكلٍّ من : الذبول الفيوزارى ، وفيرس موزايك التبغ .

١٤ ـ زركون Zercon .

١٥ ـ دومبيتو Dombito.

١٦ ـ أصناف أخرى :

من أصناف الطماطم الأخرى التى تصلح للزراعات المحمية ما يلى :

أ ـ ف ١٤٤ : (دنيئيلا) : يتحمل ملوحة التربة ومياه الرى . يعقد جيدًا فى الحرارة المنخفضة ، ولكنه لا يتحمل الحرارة العالية . ثماره صلبة كبيرة الحجم .

ب ـ ف ١٧٦ : يعقد جيدًا فى الحرارة العالية .

جـ ـ ف ١٧٩ : ثماره كبيرة الحجم ، لحمية ، من طراز بيف ستيك .

د ـ ف ١٨٨ : متأخر . غزير الإنتاج ، وثماره عالية الصلابة .

هـ ـ ف ١٨٩ : مبكر غزير الإنتاج ، يعقد جيدًا فى الحرارة العالية ، وثماره كبيرة الحجم .

و ـ ف ١٩٩ : ثماره متوسطة الحجم وشديدة الصلابة .

ز ـ ف ٥١٦ : ثماره كبيرة الحجم وشديدة الصلابة .

ح ـ بار ١٢٤ : ثماره كريزية صلبة . غزير الإنتاج .

وتبعًا للمنظمة العربية للتنمية الزراعية (١٩٩٥) .. فإن أصناف الطماطم المستعملة فى الزراعات المحمية فى مختلف الدول العربية ـ وجميعها من الهجن ـ هى كما يلى :

مونت كارلو (العراق والبحرين) .

أريكا ـ الأقصر (البحرين) .

كارميللو (العراق والإمارات والبحرين) .

موريل ـ الوادى ـ ليديا (مصر) .

كاربى ـ رامون ـ كوميت ـ سيشل باك ـ جى إس ١٢ ـ فريدة (العراق) .

دمبو ـ دومبيتو ـ كوروزو ـ هوب رقم ١ (قطر) .

دافستا (سوريا وليبيا) .

كورنيلو ـ ميران ـ فونتانا ـ لارا ـ هنادى ـ بلفيو ـ صيدا (سوريا) .

كريستال (سوريا والإمارات) .

برنيس ـ مانتوس ـ رويال ١٥٨ ـ تاكى ـ إبيزا (لبنان) .

أفورا (الإمارات) .

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة التربة تأثيرًا كبيرًا على سرعة إنبات البذور ؛ فبينما يستغرق الإِنبات نحو ٦ أيام فى حرارة ٢٥ ـ ٣٠ ° م ، فإنه يستغرق نحو ١٤ يومًا فى حرارة ١٤ ° م ، و٤٣ يوماً فى حرارة ١٠ ° م . ويتراوح المجال الحرارى المناسب لنمو نباتات الطماطم بين ١٥ ـ ١٨ ° م ليلاً ، و ١٨ ـ ٢٣ ° م نهارًا ، مع قدرة الطماطم على النمو فى درجات الحرارة الأعلى ، وتحمل درجات الحرارة الأقل من ذلك ، إلا أن الثمار لا يمكنها العقد فى درجات حرارةٍ أقل من ١٣ ° م ليلاً ، أو أعلى من ٣٠ ° م نهارًا . ويتراوح المجال الحرارى الملائم لعقد الثمار بين ٢٠ ° م و ٢٥ ° م .

يتأثر نمو الشتلات كثيرًا بدرجة حرارة التربة ؛ حيث ينخفض معدل نموها بوضوحٍ ، وتأخذ الأوراق لونًا أخضرًا داكنًا ضاربًا إلى البنفسجى عندما تتراوح درجة حرارة التربة بين ١٣ ° م و ١٨ ° م . كذلك تظهر أعراض مماثلة على بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى عندما تروى بمحلولٍ غذائيٍ باردٍ ، ولكن تختفى تلك الأعراض عندما يُدَفَّأ المحلول المغذى المستعمل . وقد وجد Cave (١٩٩١) أن رى بادرات الطماطم النامية فى مزارع الصوف الصخرى خمس مرات يوميا بمحلولٍ

مغذٍّ تبلغ حرارته ١٠ ْ م - مقارنةً بالرى بمحلولٍ مغذٍّ تبلغ حرارته ١٨ ْ م - أدى إلى ظهور لونٍ أخضر داكنٍ ضاربٍ إلى القرمزى على الأوراق فى خلال أسبوع واحد من المعاملة ، وتلا ذلك حدوث نقص فى الوزن الجاف للبادرات - مقارنةً بمعاملة الشاهد - بعد أسبوعٍ آخر . وجدير بالذكر أن هذه الأعراض تلاشت تدريجيا عندما أوقف استعمال المحلول المغذى البارد ، واستبدل به المحلول المغذى الدافئ .

وعندما يمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية فإن Resh (١٩٨١) يوصى باتباع النظام التالى للمجال الحرارى المناسب من زراعة البذور حتى عقد الثمار :

١ - يحافظ على درجة حرارة ١٨ - ٢١ ْ م ليلاً ونهارا حتى إنبات البذور .

٢ - تخفض درجة الحرارة إلى ١١ - ١٣ ْ م ليلاً ، و ١٥ ْ م نهاراً بمجرد اكتمال امتداد الأوراق الفلقية ، ويستمر الوضع على هذه الحال لمدة ١٠ - ١٤ يومًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيا ، ولمدة ٢ - ٣ أسابيع فى الجو الملبد بالغيوم . تؤدى هذه المعاملة إلى التبكير فى تكوين العنقود الزهرى الأول ، وزيادة عدد أزهاره ؛ مما يؤدى إلى زيادة المحصول المبكر .

٣ - تعرّض البادرات - بعد ذلك ،حتى يحين موعد شتلها - لدرجة حرارة ١٤ - ١٦ ْ م ليلاً ، و٢٢ - ٢٤ ْ م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيا ، ولدرجة حرارة ١٤ - ١٥ ْ م ليلاً ، ١٥ - ١٦ ْ م نهاراً فى الجو الملبد بالغيوم حتى تكون قوية النمو - وذات سيقان سميكة .

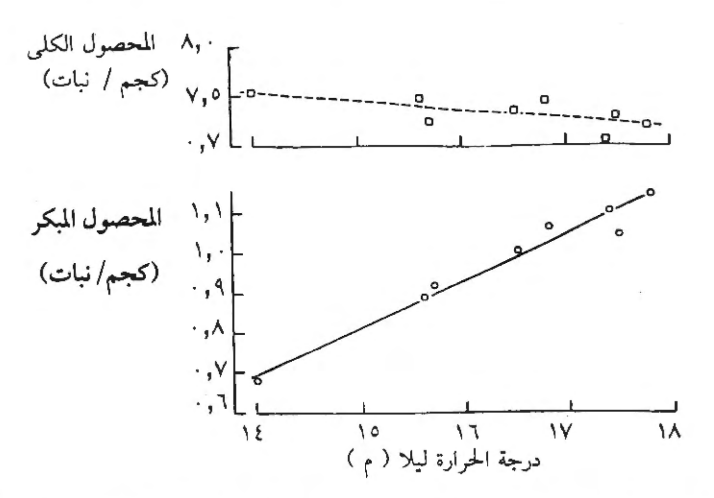
٤ - يناسب النباتات - خلال الفترة من الشتل حتى قبل الإزهار مباشرة - حرارة ١٥ ْ م ليلاً ،و ١٩ ْ م نهاراً .

٥ - تتراوح درجة الحرارة أثناء الإزهار وعقد الثمار بين ١٥ - ١٨ ْ م ليلاً، و ٢٢ - ٢٤ ْ م نهارًا فى الجو الصحو أو الغائم جزئيا ، و ١٥ - ١٦ ْ م ليلاً ونهاراً فى الأيام الملبدة بالغيوم حتى تعقد الثمار بصورةٍ جيدةٍ .

ويلاحظ أن درجات الحرارة التى يُنصح بها تكون منخفضةً قليلاً فى الجو الملبد

بالغيوم ، عتها فى الجو الصحو ؛ وذلك لأن أرتفاع الحرارة يؤدى ـ فى هـذه الظروف ـ إلى زيادة النمو النباتى ، بينما يكون معدل البناء الضوئى منخفضًا بسبب ضعف الإِضاءة . وعليه . فإن تعريض النباتات لدرجة حرارةٍ مرتفعةٍ ، وإضاءةٍ ضعيفةٍ يؤدى إلى جعل النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا .

كما يلاحظ أن ارتفاع حرارة الليل من ١٤ ْ م إلى ١٨ ْ م يكون مصاحبًا بزيادة فى المحصول المبكر ، ولكـن يقابل ذلك نقص فى المحصول الكلى (شكل ٩ ـ ١) .



شكل (٩ ـ ١) : تأثير درجة حرارة الليل على محصول الطماطم المبكر والكلى (عن van de Vooren وآخرين ١٩٨٦) .

أما بالنسبة للنمو الخضرى . . فإنه يتأثر ـ سلبيا ـ بحرارة ٣٤ ْ م أو أعلى من ذلك (Malfa ١٩٩٣) . وفى حرارة تزيد على ٣٥ ْ م . . يقل توصيل الثغور للغازات ، وتزداد مقاومة خلايا النسيج الوسطى Mesophyll ، وينخفض معدل البناء الضوئى (عن Romero-Aradna & Longuenesse ١٩٩٥).

وقد درس Gosselin وآخرون (١٩٨٤) تأثير درجة حرارة الجذور (١٢ ، ١٨ ، ٢٤ ، ٣٠ ، ٣٦ ْ م) ومستوى النيتروجين فى المحاليل المغذية (٢,٥ ، ٧,٥ ، ٢٢,٥ ، ٦٧,٥ مللى مكافئ من النيتروجين / لتر) على نمو نباتات الطماطم فى مزرعةٍ مائيةٍ ، ووجدوا أن الظروف المناسبة لمختلف الصفات كانت كما يلى :

الصفة	حرارة الجذور (ْ م)	تركيز النيتروجين (مللى مكافىء / لتر)
أكبر وزنٍ جافّ للجذور	١٨	٢٢,٥
أكبر وزنٍ جافّ للمجموع الخضرى	٢٤	٢٢,٥
أعلى محصول	٢٤	٢,٥

وقد تبين من هذه الدراسة أن رفع حرارة الجذور مع زيادة مستوى النيتروجين أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من الأزوت ، لكن مع زيادة نسبة الأزهار غير العاقدة ، ونقص المحصول .

وتؤثر حرارة الهواء وحرارة الجذور على امتصاص العناصر فى الطماطم على النحو التالى (Papadopoulos & Tissen ١٩٨٧) :

١ ـ أدت حرارة الهواء المنخفضة (٢٤ / ١٤ ْ م ،و ٢٤ / ٨ ْ م ،و ١٩ / ١٤ ْ م نهارًا / ليلاً) إلى زيادة تركيز النيتروجين فى الأوراق ، بينما لم يكن لحرارة الجذور أى تأثيرٍ على هذا العنصر .

٢ ـ تشابه الفوسفور مع النيتروجين من حيث تأثُّره بحرارة الهواء ،ولكن حرارة الجذور المرتفعة (٢٤ ـ ٢٧ ْ م) أدت إلى إحداث زيادة فى امتصاص الفوسفور بدرجةٍ أكبر من الزيادة فى امتصاص النيتروجين .

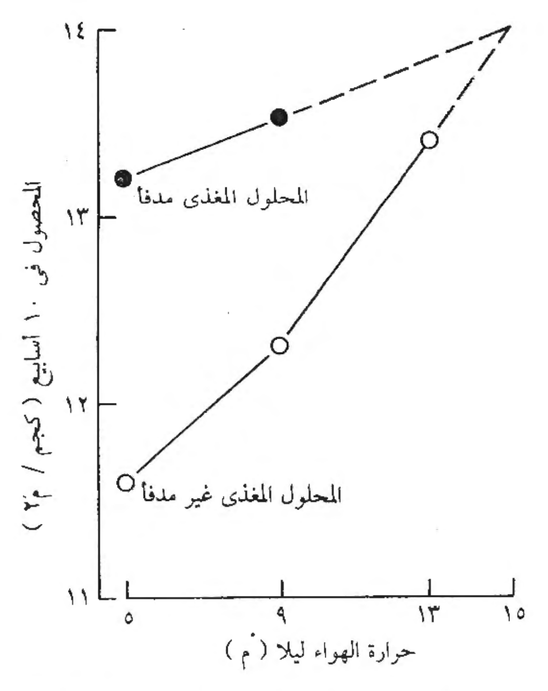
٣ ـ لم تكن لحرارة الهواء أو الجذور تأثير يذكر على محتوى الأوراق من البوتاسيوم .

٤ ـ ازداد تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى الأوراق فى حرارة الهواء المنخفضة (٢٤ / ٨ ْ م ،و ١٣ / ٨ ْ م نهارًا / ليلاً) ، بينما لم يتأثر أىٌّ منهما بحرارة الجذور.

وتبعًا لـ Sady وآخرين (١٩٩١) . . فإن حرارة الهواء المرتفعة (مقارنةً بحرارة ١١ ْ م) حفزت النمو الخضرى لنباتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ، وأدت إلى زيادة المحصول المبكر والكلى . كما ازداد المحصول الكلى

عندما رُفعت حرارة المحلول المغذى إلى درجةٍ ثابتةٍ مقدارها ٢٠ ْ م بصرف النظر عن حرارة الهواء .

وقد أوضحت دراسات Cooper (١٩٧٩) على الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى أن درجة الحرارة المثلى للمحاليل المغذية هى ٢٥ ْ م . قام Cooper بتعريض النموات الهوائية للطماطم لحرارة ٢٠ ْ م نهارًا ، و ٥ ْ م ، أو ٩ ْ م ، أو ١٣ ْ م ليلاً ، مع تدفئة (٢٥ ْ م) أو عدم تدفئة المحاليل المغذية المستعملة . ويظهر من نتائج هذه الدراسة أن مجرد رفع حرارة المحلول المغذى إلى ٢٥ ْ م ، مع بقاء هواء الصوبة غير مدفأ ليلاً (على حرارة ٥ ْ م) أعطى محصولاً مساويًا لمعاملة تدفئة هواء الصوبة ليلاً إلى ١٣ ْ م مع عدم تدفئة المحلول المغذى . وتظهر أهمية تدفئة المحلول المغذى على المحصول ـ بوضوح ـ فى شكل (٩ ـ ٢).



شكل (٩ ـ ٢) : تأثير التفاعل بين درجة حرارة المحلول المغذى ، ودرجة حرارة الهواء ليلاً على محصول الطماطم .

يلاحظ من شكل (٩ ـ ٢) أن نباتات الطماطم تستجيب بشدةٍ لتدفئة المحلول

المغذى فى غياب تدفئة هواء الصوبة ليلاً ، وأنه فى غياب تدفئة المحلول المغذى . . يتناسب محصول الطماطم طرديا مع درجة حرارة هواء الصوبة ليلاً . كما يستدل من الشكل على توقع تلاقى الخطين المتقطعين عند حرارة ١٥ ° م (التى لم تتضمنها معاملات هذه الدراسة) ؛ وهو ما يعنى تلاشى التأثير الإيجابى لتدفئة المحلول المغذى على المحصول عند ارتفاع حرارة الهواء ليلاً إلى ١٥ ° م . ومن المعروف أن درجة حرارة الهواء المثلى لنباتات الطماطم ليلاً ـ فى الزراعات الأرضية ـ هى ١٥ ° م .

هذا . . ويذكّر Cooper (١٩٧٩) أن درجة حرارة المحلول المغذى يمكن أن تكون ثابتةً ليلاً ونهارًا ، أو تكون أعلى نهارًا منها ليلاً ، ولكن لا يجب أن تكون حرارة المحلول المغذى أعلى ليلاً منها نهاراً ؛ لأن لذلك تأثيراتٍ سلبيةً على النمو النباتى والمحصول .

وعلى خلاف ما تقدم بيانه من ضرورة انخفاض درجة الحرارة ليلاً عن درجة الحرارة نهارًا ، فإن بعض الدراسات تؤيد مبدأ الحرارة المتكاملة Temperature Integrating Concept ، والذى تكون النباتات ـ بمقتضاه ـ قادرةً على الاستفادة من الحرارة المتاحة لها على مدى الأربع والعشرين ساعة . وقد طُوِّر هذا المبدأ فى دول شمال غرب أوروبا بهدف التوفير فى طاقة التدفئة ؛ حيث تستعمل ستائر حراريةٍ متحركةٍ ، تُضمّ نهارًا للسماح بنفاذ أكبر قدرٍ من الطاقة الشمسية ، وتفرد ليلاً لتوفير أكبر قدرٍ من العزل الحرارى (منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأجسام الصلبة داخل الصوبة ، ومنع فقد حرارة التدفئة ـ بالتوصيل ـ خارج الصوبة). وتعزيزًا لهذا الرأى . . يذكر أن نمو نباتات الخيار ، والأقحوان ، والورد يتوقف على متوسط الحرارة خلال الأربع وعشرين ساعة .

وقد درس Koning (١٩٨٨) تأثير ثلاثة نظمٍ حرارية لحرارة الليل والنهار بمتوسط درجة الحرارة اليومى نفسه(وهى : مرتفعة / منخفضة ،ومتساوية ، ومنخفضة / مرتفعة) على نمو ، وإزهار ،وإثمار نباتات الطماطم ، ووجد أن سيقان النباتات كانت أقصر عندما كانت حرارة الليل أقل من حرارة النهار . وبينما

لم يتأثر عدد العناقيد الزهرية بالنظام الحرارى ، فإن المحصول الكلى ومتوسط وزن الثمرة كانا أعلى تحت ظروف حرارة الليل الأعلى من حرارة النهار .

الإضاءة

تحتاج بادرات الطماطم فى المناطق الشمالية ـ ذات الليل الطويل والإضاءة الضعيفة وقت نمو النباتات خلال فصل الشتاء ـ إلى إضاءةٍ تكميليةٍ من مصدرٍ مناسب (مثل لمبات الصوديوم ذوات الضغط العالى) ؛ بهدف زيادة شدة الإضاءة ،وإطالة الفترة الضوئية إلى المدة المناسبة ؛ فمثلا . . وجد Boivin (١٩٨٧) ـ فى كندا ـ أن تعريض بادرات الطماطم المزروعة فى أوائل ديسمبر ـ إلى حين موعد شتلها ـ لإضاءةٍ إضافيةٍ من لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى (١٠٠ ميكرومول / ثانية / م^{٢}) أدى إلى نقص عدد الأوراق قبل العنقود الزهرى الأول جوهريا ، وزيادة المحصول المبكر بنسبة ١٠٠ ٪ .

كما وجد McAvoy وآخرون (١٩٨٩) ارتباطًا قويا موجبًا (r = ٠,٩٤٧) بين محصول الطماطم الكلى،وبين الإشعاع الشمسى الكلى المؤثر فى عملية البناء الضوئى Total Photosynthetic Photon Flux خلال الفترة من الإزهار إلى الحصاد .

وبينما لا تفتقر المنطقة العربية لا إلى شدة الإضاءة ، ولا إلى الفترة الضوئية المناسبة لإنتاج الطماطم (أو غيرها من الخضروات) . . فإن استعمال وسائل التوفير فى الطاقة ـ مثل الستائر الحرارية شتاءً للتوفير فى طاقة التدفئة ، أو شباك التبريد البلاستيكية صيفًا للتوفير فى طاقة التبريد ـ قد يكون له مردود سلبى على النمو والمحصول إذا ازداد التظليل عما ينبغى .

فمثلاً . . تبين من دراسات Cokshull وآخرين (١٩٩٢) ـ التى أجريت فى المملكة المتحدة ـ أن التظليل بنسبة ٦,٤ ٪ ، أو ٢٣,٤ ٪ كان له مردود سلبى كبير على نمو نباتات الطماطم وتطورها ؛ حيث نقص المحصول ـ فى المعاملتين ـ بنسبة ٧,٥ ٪ ، و ١٩,٩ ٪ ، على التوالى ،وكان هناك تناسب طردى مباشر بين

المحصول وعدد الثمار فى العنقود ،وبين شدة الإضاءة التى تلقتها النباتات ؛ حيث كان معدل المحصول ٢ كجم من الثمار الطازجة لكل ١٠ ميجاجول(MJ) من الأشعة الشمسية الساقطة على النباتات . كما أدى التظليل إلى تقليل متوسط وزن الثمرة، و إلى خفض نسبة الثمار غير المنتظمة النضج .

وفى الأرجنتين . . قارن Francescangeli وآخرون (١٩٩٤) تأثير ثلاث معاملات تظليل ـ أجريت بهدف خفض درجة حرارة الصوبة صيفًا ـ على نباتات الطماطم ، وكانت المعاملات (التى أدت جميعها إلى خفض درجة حرارة الهواء ، و الأوراق ، والتربة) وتأثيراتها كما يلى :

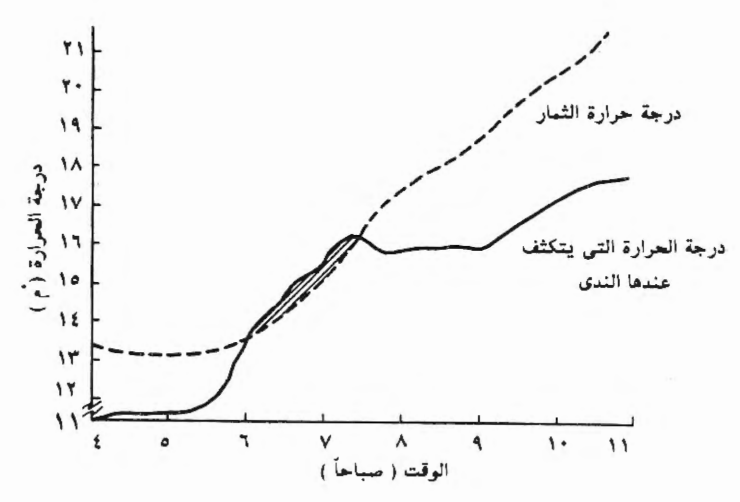
المعاملة	الضوء النافذ إلى داخل الصوبة (٪)	المحصول (كجم / نبات)
الكنترول (بدون معاملة تظليل)	٨١	٢,٧٠٧
رش البلاستيك بماء الجير (٥٠ جم/م٢)	٢٧	١,٩٥١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٢٠ ٪	٤٧	٢,٢٢١
شباك بلاستيكية توفر تظليلاً بنسبة ٦٥ ٪	٣١	١,٦٨٧

ويتبين من هذه النتائج وجود علاقةٍ طرديةٍ مباشرةٍ بين شدة الإضاءة والمحصول ، حتى عندما يكون التظليل بهدف خفض درجة الحرارة.

الرطوبة النسبية

تساعد الرطوبـة النسبية العالية فـى الزراعات المحمية على انتشار الإصابة بالأمراض ، خاصة بفطر بوتريتس Botrytis. ويوضح شكل (٩ ـ ٣) أن درجة حرارة الثمار تنخفض عن الدرجة التى يتكثف عندها الندى-Dew Point Tempera ture ابتداءً من السادسة صباحًا ، ولمدة حوالى ساعة ونصف ؛ وهى الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار ؛ مما يزيد من فرصة الإصابة بالأمراض . ويمكن تجنب ذلك برفع درجة الحرارة قليلاً قبل شروق الشمس ؛ حتى لا يحدث ارتفاع مفاجئ فى درجة حرارة الهواء عند الشروق ، بينما لا تزال الثمار باردةً .

ويؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية كذلك إلى قلة امتصاص العناصر المتنقلة مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح ، خاصة عنصر الكالسيوم ؛ الأمر الذى قد يتسبب فى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى ؛ لذا . . فإنه من الضرورى أن نعمل على خفض الرطوبة النسبية كلما دعت الضرورة إلى ذلك بالتهوية الجيدة .



شكل (٩ ـ٣) : التغيرات فى درجة حرارة الثمار ، ودرجة الحرارة التى يتكثف عندها الندى من الساعة الرابعة صباحًا إلى الساعة الحادية عشرة قبل الظهر . توضح المنطقة المظللة بداية ونهاية الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار (عن van de Vooren وآخرين ١٩٨٦) .

هذا . . وتتراوح الرطوبة النسبية المثاليةللطماطم بين ٧٠ ٪ و ٧٥ ٪ .

ويبدأ التأثير الضار لارتفاع الرطوبة النسبية عندما ينخفض الفرق فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure Deficit عن ٢, ٠ كيلو باسكال (0.2 kPa) . وقد درس Holder & Cockshull (١٩٩٠) تأثير مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية (تراواحت بين ١, ٠ و٨, ٠ كيلو باسكال) ـ مع ثبات درجة الحرارة - على الطماطم ، ووجدا أن معدل نمو النباتات لم يتأثر بمستوى الرطوبة النسبية، ولكن المساحة الورقية نقصت جوهريا فى الرطوبة العالية ،وكان ذلك مرتبطًا بنقص تركيز الكالسيوم فى نصل الورقة ، مع ظهور أعراض نقص العنصر . كذلك أدت الرطوبة النسبية العالية إلى نقص المحصول وتدنى نوعية الثمار .

كما درس Bakker (١٩٩٠) ـ كذلك ـ تأثير التباين فى الرطوبة النسبية ـ ليلاً ونهارًا (من ٠,٢١ ـ ٠,٧١ كيلو باسكال ليلاً ، ومن ٠,٣٥ ـ ١,٠ كيلو باسكال نهارًا) ـ مع ثبات درجة الحرارة ـ على الطماطم ، وتوصل ـ كذلك ـ إلى أن زيادة الرطوبة النسبية تؤدى إلى نقص الكالسيوم ونقص المساحة الورقية للأوراق، ونقص متوسط وزن الثمرة ، وضعف قدرة الثمار على التخزين . وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية العالية نهارًا أدت إلى زيادة المحصول ، إلا أن المحصول الكلى انخفض بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهاراً .

وعن علاقة الكالسيوم فى أوراق وثمار الطماطم بكلٍّ من مستوى الرطوبة النسبية (ليلاً ونهارًا) ، وتركيز الكالسيوم ، والتركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى . . وجد Adams & Holder (١٩٩٢) ما يلى :

١ ـ أدت الرطوبة النسبية العالية ليلاً أو نهاراً ـ وكذلك الملوحة العالية ـ إلى نقص الوزن الجاف للأوراق .

٢ ـ انخفض دائما محتوى الأوراق من الكالسيوم وتركيز الكالسيوم فيها فى الرطوبة النسبية العالية ، وكان هذا التأثير أوضح عند ارتفاع الرطوبة النسبية ليلاً عنه نهاراً ، كما كان النقص فى الكالسيوم أقل حدة فى المستويات العالية من الكالسيوم .

٣ ـ انخفض تراكم الكالسيوم فى الثمار عند انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا ، وكان أقل مستوى للكالسيوم فى الثمار عندما اقترن انخفاض الرطوبة النسبية نهاراً مع انخفاض تركيز الكالسيوم وارتفاع التركيز الكلى للأملاح فى المحلول المغذى .

٤ ـ بدا أن ارتفاع الرطوبة النسبية نهارًا حفّز انتقال الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة ، بصرف النظر عن مستوى الرطوبة النسبية ليلاً .

وقد تنخفض الرطوبة النسبية كثيرًا فى البيوت المحمية خلال الصيف إلى الدرجة التى يكون لها تأثير سيئ على التلقيح وعقد الثمار . ويلزم ـ فى مثل هذه الحالات ـ تزويد البيوت المحمية بنظام « المست Mist » ، الذى يفيد فى زيادة الرطوبة النسبية

وخفض درجة الحرارة فى آنٍ واحد . ويبدأ التأثير الضار للرطوبة النسبية المنخفضة عندما يرتفع الفرق فى ضغط بخار الماء عن كيلو باسكالٍ واحدٍ .

مواعيد الزراعة

إن القاعدة التى تجب مراعاتها عند اختيار الموعد المناسب لزراعة الطماطم فى البيوت المحمية هى أن يكون الحصاد فى الفترات التى يقل أو ينعدم فيها الإنتاج من الزراعات المكشوفة ،ويكون ذلك عادة فى الأوقات التالية :

١ ـ بعد الفترات التى تنخفض فيها الحرارة ليلاً عن ١٣° ـ ١٥°م بنحو شهرين ، وتستمر لفترةٍ تُماثل مدة انخفاض درجة الحرارة .

٢ ـ بعد الفترات التى ترتفع فيها الحرارة نهارًا عن ٢٨° ـ ٣٠° م بنحو شهرٍ ونصف ، وتستمر لفترةٍ تماثل مدة ارتفاع درجة الحرارة .

ويرجع السبب فى ذلك إلى توقف عقد الثمار عند انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المبينة أعلاه . ويظهر تأثير ذلك على المحصول بعد مدةٍ تتراوح من شهر ونصف إلى شهرين حسب درجة الحرارة . . وهى الفترة اللازمة من عقد الثمار إلى نضجها .

فإذا علمنا أن نباتات الطماطم تبدأ فى إعطاء محصولها فى الجو المناسب بعد نحو ٨٠ يومًا من الشتل ، فإنه يمكن تحديد الموعد المناسب للشتل فى كل منطقةٍ على حدةٍ بفرض إمكانية التحكم فى البيوت المحمية بالتدفئة أو بالتبريد ،وبخلاف ذلك . . فإن الزراعة المحمية لا تفيد كثيرًا فى تحسين العقد عمّا فى الزراعات المكشوفة .

ويؤدى شتل الطماطم خلال أبريل ومايو ويونية إلى توفير المحصول خلال المدة من يولية حتى أكتوبر ، وهى الفترة التى ينعدم فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق ، أو الدول الشديدة الحرارة صيفًا ، كما يؤدى شتلها خلال ديسمبر ويناير وفبراير إلى توفير المحصول خلال المدة من مارس حتى مايو ، وهى الفترة التى يقل فيها إنتاج الحقول المكشوفة فى المناطق الباردة شتاءً .

وتحت الظروف المصرية يوصى بزراعة البذور فى المشتل خلال الفترة من منتصف سبتمبر إلى آخر أكتوبر ، علمًا بأنها تشتل بعد ذلك بنحو شهرٍ واحدٍ (أى من منتصف أكتوبر إلى آخر نوفمبر) ؛ وبذا . . يمكن أن يبدأ الإنتاج من منتصف يناير ويستمر إلى منتصف شهر مايو .

الزراعة

سبق أن أوضحنا خطوات إعداد الأرض للزراعات المحمية ـ بصفةٍ عامةٍ ـ فى الفصل السابع ، ونُلقى الآن مزيدًا من الضوء عن زراعة الطماطم بوجهٍ خاصٍّ .

كمية التقاوى

تتكاثر الطماطم بالبذور . يحتوى الجرام الواحد على نحو ٣٠٠ ـ ٣٥٠ بذرة . ويلزم نحو ١٢,٥ جم من البذور لإنتاج شتلاتٍ تكفى لمساحة ١٠٠٠ م^{٢} (أى نحو ٦ ـ ٧ جم من البذور لكل صوبةٍ تبلغ مساحتها ٥٤٠ م^{٢}) . ومن الطبيعى أن كل بذرةٍ تزرع منفردةً فى عينٍ من عيون الشتّالات ؛ نظرًا لارتفاع ثمن بذور الأصناف الهجين التى تستخدم ـ عادةً ـ فى الزراعات المحمية .

إنتاج الشتلات

إن التفاصيل المتعلقة بإنتاج الشتلات ـ بصورةٍ عامةٍ ـ ينبغى الرجوع إليها فى حسن (١٩٩٧ ب) ، ونكتفى فى هذا المقام بالتذكير ببعض الأمور الهامة ؛ وهى :

١ ـ يكون إنتاج الشتلات فى شتّالاتٍ جديدةٍ أو معقمة ، مملوءةٍ بخلطةٍ رطبة ملائمةٍ ، قوامها البيت موس مع الفيرميكيوليت والرمل ، ومخصبةٍ بمختلف العناصر الكبرى والصغرى ، ومضافٍ إليها مبيد فطرى مناسب ـ للوقاية من مرض سقوط البادرات ـ مثل الكابتان ـ الذى يستعمل بمعدل ٢٠ جم / م^{٣} من الخلطة .

٢ ـ ترش الشتّالات بعد زراعة البذور فيها رشا خفيفًا برذاذٍ من الماء ، ثم تُكَوَّم فوق بعضها ، وتوضع شتالة غير مزروعة على القمة . تغطى جميع الشتالات المزروعة ـ فى الجو البارد فقط ـ بشريحةٍ بلاستيكيةٍ .

تراقب الشتّالات ـ بعنايةٍ ـ يوميا ، وبمجرد ملاحظة أولى بشائر الإنبات فى أيِّ منها ، فإنها تُفَرّد فى الحال .

٣ ـ يكون تفريد الشتّالات على قوالب من الطوب ، أو قوالب أسمنتية ، أو ألواحٍ خشبيةٍ ، أو صناديق بلاستيكيةٍ مقلوبةٍ . . . إلخ ؛ بحيث لا تلامس سطح التربة .

٤ ـ ترش الشتالات بعد ذلك بالكابتان أو البنليت بالتركيز المناسب (حوالى ٠,٢٥ ٪) ؛ للوقاية من مرض سقوط البادرات ، ويمكن أن يكرر ذلك مرتين أخريين ـ على فتراتٍ أسبوعيةٍ ـ أو أن يتبادل الرش بالكابتان أو البنليت مع الرى بالردوميل Ridomel بتركيز ١٢ مل / لتر .

٥ ـ يكون الرى دائمًا فى الصباح ، مع تجنب الرى بعد الثالثة عصراً .

٦ ـ يكون الرى خفيفًا ومتجانسًا ، مع عدم الرى قبل جفاف الطبقة السطحية من تربة الشتّالات حتى عمق ٣ مم .

٧ ـ يراعى توفير تهويةٍ جيدةٍ للوقاية من الأمراض الفطرية ، خاصةً مرض سقوط البادرات (عن Nassar & Crandle ١٩٨٧) .

طريقة ومسافات الزراعة

إقامة المصاطب

تقام المصاطب أثناء إعداد الأرض للزراعة (حيث يوضع فى باطنها السماد العضوى والأسمدة الكيميائية السابقة للزراعة) ، ويكون عرض المصطبة ذاتها متراً واحداً ، ويفصل بينها قنوات بعرض نصف متر ، مع ترك مسافة ٧٥ سم بامتداد الجانبين الطوليين للصوبة ؛ وبذا يقام بكل صوبةٍ خمس مصاطب ، تبلغ المسافة بين مركز كلِّ مصطبتين متجاورتين منها ١٥٠ سم .

الغطاء البلاستيكى للتربة

يفُيد تغطية سطح المصاطب بالبلاستيك فى حفظ الرطوبة الأرضية ، ومنع نمو

الحشائش ، ونمو الجذور حتى قريبًا من سطح التربة ، وتقليل فقد الأسمدة بالرشح . يستعمل لذلك البلاستيك الأسود ، ولكن يفضل فى المواسم الحارة استعمال البلاستيك الأبيض ، مع مكافحة الحشائش ـ قبل فرد البلاستيك ـ باستعمال المبيدات . وبالاختيار المناسب للون البلاستيك يمكن التحكم فى حرارة التربة ؛ حيث يعمل البلاستيك الأسود على رفع الحرارة ، بينما يعمل البلاستيك الأبيض على خفضها .

ويذكر Eltez & Tuzel (١٩٩٤) أن محصول الطماطم ازداد ـ فى إزمير بتركيا ـ بنسبة ٢٥ ٪ عند استعمال البلاستيك الأسود فى العروة الربيعية (حيث الحرارة المنخفضة عند الشتل) ، وبنسبة ٣٧,٥ ٪ عند استعمال البلاستيك الأبيض فى العروة الخريفية (حيث الحرارة مرتفعة عند الشتل) . وجدير بالذكر أن الشرائح البلاستيكية ـ بما فى ذلك الشفافة منها ـ تغطى بالأتربة بعد أسابيع قليلة من استعمالها ؛ حيث تتساوى مختلف الألوان ـ حينئذٍ ـ من حيث تأثيرها على حرارة التربة .

هذا . . ويتم تثقيب البلاستيك على الأبعاد المرغوب فيها للزراعة ؛ لأجل تمرير جذور النباتات منها عند شتلها . ويجرى ذلك إما بقطع دوائر بقطر حوالى ٧ سم فى الغطاء ، وإما بعمل قطعين قصيرين فيه بالموسى على شكل علامة (+) فى مواقع الشتل .

الشتل ، ومسافة الزراعة ، والكثافة النباتية

تشتل نباتات الطماطم فى خطين ـ بكل مصطبة ـ يبعد كل منهما عن الآخر بمسافة ٥٠ سم ، ويتوسطهما خرطوم الرى بالتنقيط الذى يكون بامتداد منتصف المصطبة . تكون المسافة بين النباتات فى الخط ٥٠ سم ، مع جعل مواقع النباتات فى خطى كل مصطبةٍ بالتبادل (على شكل رِجْل غراب) ؛ وبذا . . فإن كل صوبةٍ يكون بها حوالى ١٢٠٠ نبات .

هذا . . ويتراوح متوسط كثافة الزراعة ـ فى مختلف الدول العربية ـ بين ٢,١

نباتا / م^{2} فى الأنفاق البلاستيكية و ٢,٢ نباتا / م^{2} فى البيوت المحمية (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٥) .

وقد درس Cockshull & Ho (١٩٩٥) تأثير كثافتى الزراعة ٢,٠٤ ،و ٣,٠٦ نباتًا / م^{2} على كمية محصول ونوعية ثمار الطماطم ، ووجدا أن الكثافة النباتية العالية صاحبتها زيادة قدرها ٨ ٪ فى المحصول المبكر ،و ١٥ ٪ فى المحصول الكلى عن الكثافة المنخفضة ، كما أدت الكثافة العالية إلى نقص المتوسط العام لوزن الثمرة، ونقص محصول الثمار الكبيرة (الدرجة C التى يزيد قطرها على ٥٧ ملليمترًا) ، وزيادة محصول الثمار الصغيرة (الدرجة E التى يقل قطرها عن ٤٧ ملليمترًا) .

يكون شتل النباتات على عمق أكبر من الذى كانت عليه البادرات فى المشتل (تغطى - عادة - السويقة الجنينية السفلى بالتربة - عند الشتل - حتى قريبًا من مستوى الأوراق الفلقية) ، مع الضغط على الجذور (يوجه الضغط نحو الجذور وليس حول قاعدة ساق البادرة) ؛ حتى تتصل بشكلٍ جيدٍ مع التربة ؛ فلا تتعرض النباتات للذبول .

الرى عقب الشتل بالأسمدة البادئة

يجرى الرى عقب الشتل مباشرةً ، ويفضل إضافة نحو ١٥٠ مل (سم^{3}) من محلولٍ سماديّ بادئٍ فى حفرة (جورة) الزراعة بعد وضع الشتلة فيها ، وقبل الترديم عليها ، ويعد ذلك بديلاً لرية الشتل .

احتياجات الزراعة من ساعات العمل

يذكر van de Vooren (١٩٨٦) أن زراعات الطماطم المحمية - فى هولندا - يلزم لها نحو ٥٨٠ ساعة عمل لكل ١٠٠٠ م^{2} ، يخصص نحو ٣٨ ٪ منها للحصاد، و٣٠ ٪ منها للتربية ،و ١١ ٪ منها لإزالة الأوراق السفلية ،و ١١ ٪ أخرى منها للتلقيح ، أما الـ ١٠ ٪ المتبقية (حوالى ٥٨ ساعة عمل) ، فتلزم لباقى العمليات الزراعية ، وهى الزراعة ، ومكافحة الآفات ، والتخلص من النباتات بعد الحصاد .

الـــرى

من الضرورى العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر المناسب . ويفيد استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة فى تقليل التقلبات الكبيرة فى الرطوبة الأرضية . وفى حالة الرى بالتنقيط ، فإن عدد مرات الرى اليومية لا يهم ، ما دامت النباتات تعطى كل احتياجاتها من الرطوبة (Snyder & Bauerle ١٩٨٥) . هذا .. ويكفى خط واحد من خطوط الرى بالتنقيط لكل خطٍّ مزدوجٍ من خطوط الزراعة .

تكون الرية الأولى بعد رية الزراعة بيومٍ واحدٍ إلى سبعة أيام حسب طبيعة التربة ودرجة الحرارة السائدة ؛ حيث تقصر المدة فى الجو الحار وفى الأراضى الرملية ، وتطول فى الجو المائل إلى البرودة وفى الأراضى الثقيلة . وكثيرًا ما يحتاج الأمر إلى الرى مرتين يوميا فى الأراضى الرملية ، خاصة فى الجو الحار . ويتم فى هذه الحالة توزيع مياه الرى بالتساوى على الريتين اللتين تكونان حوالى الساعة التاسعة صباحًا والساعة الثالثة بعد الظهر .

وفى الأراضى الرملية يكون معدل الرى ـ عادةً ـ لترًا واحدًا لكل نبات فى اليوم الواحد (يوزع بالتساوى على ريّتى اليوم) فى بداية حياة النبات ، مع زيادة الكمية المضافة تدريجيا ، إلى أن تصل إلى لترين إلى ثلاثة لترات من الماء لكل نباتٍ فى اليوم الواحد ؛ ابتداءً من الأسبوع التاسع بعد الشتل . وإذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية للتربة مازالت رطبةً .. تعين تأجيل الرى إلى يوم تالٍ ، مع إنقاص كمية مياه الرى إلى النصف إذا دعت الضرورة إلى ذلك .

أما فى الأراضى الثقيلة فإن معدل الرى يجب ألا يزيد على لترٍ واحدٍ إلى لتر ونصف اللتر لكل نباتٍ فى كل رية ؛ حتى لا تتعجن التربة . ويراعى عدم إعطاء الرية التالية قبل جفاف الطبقة السطحية من التربة حتى عمق ٥ سم ، مع مراعاة أن تكون الطبقة التى تليها ـ وعلى امتداد خطَّىْ الزراعة فى كل مصطبةٍ ـ رطبةً دائمًا ؛ لضمان حصول النباتات على حاجتها من الرطوبة الأرضية .

ولكلٍّ من نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها عن الحدود المناسبة أضرارها على نباتات الطماطم . فنقص الرطوبة يؤدى إلى نقص معدل النتح ، وارتفاع درجة

حرارة الأوراق ، وانغلاق الثغور ؛ مما يؤدى إلى ضعف نمو النباتات ونقص المحصول (عن Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥) . وفى المقابل تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى غزارة النمو الخضرى على حسب الإثمار ، مع تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور . ويؤدى تعرض النباتات إلى شدٍّ رطوبيٍّ معتدلٍ (يتراوح بين Ψ_L « الـ Leaf Water Potential » مقدارها- ١ , ٠ ميجا باسكال من الزراعة إلى مرحلة تكوين العنقود الزهرى الثالث ، و ـ ٥ , ٠ ميجا باسكال بعد ذلك) إلى حفظ التوازن المطلوب بين النمو الخضرى والنمو الثمرى (Araki ١٩٩٤) .

التسميد

تقديرات احتياجات الطماطم من العناصر السمادية

كميات العناصر الممتصة

اختلفت تقديرات الباحثين بشأن كميات العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم من التربة فى الزراعات المحمية . وقد تراوحت التقديرات للهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ م^{٢} = ٢,٣٨ فداناً) كما يلى : النيتروجين ٢٧٣ - ٣٨٦ كجم ، والفوسفور ٣٥ - ١٠٥ كجم ، والبوتاسيوم ٥٨٠ - ٨٩٣ كجم ، والكالسيوم ٢٨٠ - ٣٤٠ كجم ، والمغنيسيوم ٤٨ - ٨٨ كجم . أما تقديرات العناصر الممتصة فى مزارع البيت موس فى البيوت المحمية ، فقد كانت أعلى من ذلك ، وبلغت : ٦١٢ كجم / هكتار للنيتروجين ،و ٩٠ كجم للفوسفور ،و ٩٦١ كجم للبوتاسيوم ،و ٢٨١ كجم للكالسيوم ،و ١٠٤ كجم للمغنيسيوم ، ومن الضرورى توفير هذه الكميات من العناصر على صورة أسمدة ؛ وذلك للحصول على أعلى إنتاجية من الزراعات المحمية (عن Adams ١٩٨٦) .

وفى نيوزيلندا . . قدر White (١٩٩٣) كميات العناصر التى امتصتها نباتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (متوسطات ١٧ زراعة ، بمتوسط عمر ٣٤ أسبوعًا ، على أساس تحليل الماء والمحاليل المغذية وكميات أملاح العناصر المغذية المضافة) على النحو التالى (كجم / هكتار) :

النيتروجين ٧٩٠	الفوسفور ١٧٠
البوتاسيوم ١٤١٥	الكبريت ٢٣٧
الكالسيوم ٦٠٦	المغنيسيوم ١١٢
الصوديوم ٧٠	الكلورين ٩٧
الحديد ١٤	المنجنيز ٤,٥
الزنك ٠,٨	النحاس ٠,٥
البورون ١,٥	

وقد ازداد معدل امتصاص العناصر تدريجيا بين الزراعة وبداية الحصاد ، ثم انخفض لفترة ، ثم عاد إلى معدلاته العالية مرةً أخرى . وكان مرد الانخفاض المؤقت إلى حدوث موت لبعض الجذور عند بداية مرحلة الحمل الغزير ، وتَعَرُّض النباتات لحالة من الشدّ stress نتيجة لذلك .

وتمتص نباتات الطماطم كمياتٍ كبيرةً من الماء والعناصر المغذية يوميا ، وتزداد كمية الماء الممتصة بزيادة النمو النباتى ، وبارتفاع درجة الحررة . ويوضح جدول (٩ ـ ١) كميات عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، وكمية الماء التى يمتصها النبات الواحد من الطماطم يوميا فى مزرعةٍ مائية . يتضح من الجدول أن النباتات الصغيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود الأول) لا تختلف عن النباتات الكبيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود التاسع) ، فى الكميات التى تمتصها من عنصرى النيتروجين ، والفوسفور ، بينما تمتص النباتات الكبيرة كمياتٍ أكبر نسبيا من عنصر البوتاسيوم ومن الماء . إلا أن نتائج دراساتٍ أخرى لا تتفق مع هذه النتائج كما سيأتى بيانه فى موضعٍ لاحقٍ من هذا الفصل .

جدول (٩ ـ ١) : المعدل اليومى لامتصاص نباتات الطماطم من عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، ومن الماء فى مزرعةٍ مائية .

مرحلة النمو (العنقود ذو الأزهار المتفتحة)	الامتصاص اليومى / نبات			
	النيتروجين (مجم)	الفوسفور (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)
١	١١٦	٢٢	١١٤	٦٠٨
٩	١١٤	٢٥	٢٩٣	٩٢٦

تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة أجريت فى المملكة المتحدة خلال شهرى أغسطس وسبتمبر . ومن المتوقع أن تزداد كمية الماء التى يمتصها النبات يوميا عن ذلك بنحو ٥٠ ٪ ٪ فى المناطق الأكثر حرارة ، حتى إذا كانت البيوت المحمية مزودةً بوسائل التبريد ؛ ذلك لأن عملية التبريد تؤدى إلى حركة الهواء حول النباتات ، وزيادة معدلات النتح تبعًا لذلك (عن Adams ١٩٨٦) .

وبينما يتأثر امتصاص عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم إيجابيا بدرجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسى ، فإن امتصاص الفوسفور يكون أكثر تأثرًا بدرجة حرارة الجذور (Adams ١٩٩٣ و ١٩٩٤) .

كما يتأثر معدل امتصاص نباتات الطماطم من كلٍّ من الماء والعناصر الغذائية بشدة الإضاءة ؛ فيتضاعف امتصاص النباتات للماء عدة مراتٍ فى الإضاءة الجيدة بالمقارنة بالامتصاص الحادث فى الإضاءة الضعيفة . ومع أن أمتصاص النباتات لعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم يزداد فى الإضاءة الجيدة أيضًا بنحو ٦٥٪ - ٧٠ ٪، إلاّ أن نسبة الكمية الممتصة من الماء تكون فى الإضاءة الضعيفة أكبر بكثيرٍ منها فى الإضاءة القوية . وتتضح هذه العلاقة بين شدة الإضاءة ، وامتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية فى جدول (٩ - ٢) . وتبين هذه النتائج مدى أهمية أخذ عامل شدة الضوء فى الحسبان عند تحضير المحاليل المغذية وتجديدها لمزارع الطماطم المائية (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ - ٢) : العلاقة بين شدة الإضاءة ، وامتصاص نباتات الطماطم للماء وعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم .

الشهر	شدة الإضاءة ($MJm^{-2}h^{-1}$)	الامتصاص اليومى / نبات: النيتروجين (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)	النسبة: N/ماء	K/ماء
مارس	منخفضة : ٠,٢٤	٨,١	١٥,٧	٤٣,٢	٠,١٨٨	٠,٣٦٣
يونية	مرتفعة : ١,٩٦	١٣,٧	٢٥,٦	١٤٠,٩	٠,٠٩٧	٠,١٨٢

وتمتص نباتات الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ـ ١٢ ٪ فقط من احتياجاتها اليومية من الماء ، وبين ٢٨ ٪ إلى ٤٥ ٪ من احتياجاتها اليومية من مختلف العناصر المغذية خلال الليل (والرقم المقابل بالنسبة لامتصاص العناصر فى الخيار ليلاً هو من ١٨ ٪ ـ ٤٦ ٪) . ويعنى ذلك أن نسبة امتصاص العناصر إلى امتصاص الماء تكون أعلى ليلاً منها نهارًا (عن Kanahama ١٩٩٤) .

توزيع العناصر الممتصة على مختلف الأجزاء النباتية

يوضح جدول (٩ ـ ٣) كميات العناصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية ، ونسبة ما يصل منها إلى الثمار . ويتضح من الجدول أن الثمار يصل إليها نحو ٦٠ ٪ من الكميات التى تمتصها النباتات من العناصر الأولية ؛ وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، بينما يصل إليها نحو ثلث الكمية الممتصة من المغنيسيوم ، وأقل من ٥ ٪ من الكمية الممتصة من الكالسيوم . وفى دراسات أخرى بلغ الوزن الجاف لثمار الطماطم من ٥١٪ ـ ٦٣ ٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات ؛ وذلك يدل على أن المخزون بالثمار أكثر من نصف كمية الغذاء الموجودة فى النبات ، سواء أكانت تلك المواد التى يقوم النبات بتجهيزها ، أم تلك التى يمتصها من التربة .

جدول (٩ ـ ٣) : توزيع العناصر التى تمتصها الطماطم فى الزراعات المحمية على مختلف الأجزاء النباتية (جم / نبات) .

الجزء النباتى	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم
أنصال الأوراق	٣,٧٧	٠,٧٥	٥,٨٥	٨,٥٦	٠,٥٧
أعناق الأوراق	٠,٦٨	٠,١٧	٤,٠٧	١,٨٩	٠,٣٤
الأزهار ، وأعناق الثمار	٠,٢٢	٠,٠٤	٠,٠٣٧	٠,١٤	٠,٠٣
السيقان	٠,٨٧	٠,٢٥	٢,٣٤	٠,٩٠	٠,١٩
الجذور	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠٨	٠,٥	
الثمار	٨,٥٥	١,٨٢	١٦,٧٠	٠,٥٨	
المجموع الكلى	١٤,١٥	٣,٠٤	٢٩,٤١	١٢,١٢	١,٧٦
نسبة ما يصل إلى الثمار	٪ ٦٠,٤	٪ ٥٩,٩	٪ ٥٦,٨	٪ ٤,٨	٪ ٣٥,٢

وتؤثر الرطوبة النسبية على محتوى الأوراق والثمار من عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم ؛ حيث تؤدى زيادة الرطوبة إلى نقص مستوى العنصرين فى الأوراق وإلى زيادتهما فى الثمار (Adams ١٩٩٣ ، ١٩٩٤) .

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى التعرف على احتياجاته السمادية ، علمًا بأن تركيز العناصر فى النباتات التى لا تعانى نقص العناصر يقل تدريجيا مع تقدمها فى العمر . ويُبيّن جدول (٩ ـ ٤) هذه الحالة بالنسبة لزراعات الطماطم المحمية ، كما يعطى الجدول التركيزات الطبيعية لعناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة للنمو معبرًا عنها برقم العنقود ذى الأزهار المتفتحة . ويلاحظ أن محتوى الأوراق من جميع العناصر يتناقص مع تقدم النبات فى العمر ، ويصل مقدار النقص فيما بين مرحلتى إزهار العنقودين الثانى والثانى عشر إلى ٣٥ ٪ فى حالتى النيتروجين ، والبوتاسيوم ،و ٢٢ ٪ فى حالة الفوسفور (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٤) : محتوى أوراق الطماطم فى الزراعات المحمية من عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة من النمو النباتى(أ) .

عمر النبات معبرًا عنه برقم آخر عنقود تفتحت أزهاره	محتوى الأوراق من العنصر (٪ على أساس الوزن الجاف)		
	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
٢	٤,٨	٠,٣٢	٥,٠
٣	٤,٠	٠,٢٤	٤,١
٥	٣,٥	٠,٣٠	٤,٢
٧	٣,٦	٠,٢١	٣,٦
٩	٣,١	٠,٢٠	٣,١
١٢	٣,١	٠,٢٥	٣,٢

(أ) أجريت التحاليل على الورقة التى توجد أسفل آخر العناقيد المزهرة مباشرة.

ويذكر Coltman & Riede (١٩٩٢) أن الاختبارات السريعة لمحتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من البوتاسيوم ـ باستعمال دلائل ورقية خاصة (colorimetric paper test strips) ـ يفيد كثيراً فى تقدير مدى حاجة النباتات إلى التسميد بالبوتاسيوم. وقد حصل الباحثان على أعلى محصول صالح للتسويق

(٢,٧٥ كجم / نبات) ، عندما تراوح تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى (للمزارع اللاأرضية) بين ١٩٠ و ٢٠٠ مجم / لتر ؛ حيث كان محتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من العنصر ٥,٩ مجم / مل .

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

على الرغم من أن هذا الموضوع سبق أن تناولناه بالتفصيل فى كتاب « أساسيات وفسيولوجيا الخضر » حسن ١٩٩٧ أ) ، وبإيجازٍ عام فى الفصل السابع من هذا الكتاب . . إلا أننا نورد ـ فى هذا المقام - أعراض نقص مختلف العناصر كما تظهر على نباتات الطماطم بوجهٍ خاصٍ .

أولاً : العناصر المتحركة فى النبات

العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى ـ عند بلوغها مرحلة الشيخوخة ، أو عند تعرض النبات لنقص العنصر ـ إلى الأوراق العليا التى تكون ما زالت نشطةً فسيولوجيا ؛ ولذا . . فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية ، ثم تتقدم تدريجيا نحو الأوراق العليا ، ولكنها نادراً ما تظهر على أحداث الأوراق التى تكون فى قمة النبات .

وتضم العناصر المتحركة ما يلى :

١ ـ النيتروجين :

فى حالات نقص العنصر يكون النبات ضعيفًا ، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا أخضر مصفرًا . وفى حالات النقص الشديد تكون معظم أوراق النبات ذات لونٍ أخضر شاحبٍ ، وتأخذ العروق الرئيسية فى الأوراق لونًا قرمزيا ، وتكون الثمار صغيرة الحجم .

٢ ـ الفوسفور :

فى حالات نقص العنصر يقل معدل النمو النباتى (الخضرى والجذرى ، وتكون السيقان رفيعةً . وفى حالات النقص الشديد تكون الأوراق صغيرةً ، وصلبةً

أو شبة متيبسةٍ ، وملتفةً لأسفل . ويأخذ السطح العلوى للأوراق لونًا أخضر ضارباً إلى الزرقة ، بينما يكتسب سطحها السفلى ـ بما فى ذلك العروق ـ لونًا قرمزيا . وتظهر بالأوراق المسنة بقعًا قرمزيةً جافةً ، وتتعرض للسقوط المبكر .

٣ ـ البوتاسيوم :

فى حالات نقص العنصر تبدو الأوراق السفلية وكأنها محترقة ، وتلتف حواف الوريقات ، ويظهر بها اصفرار بين العروق ، وبقع صغيرة جافة متحللة . وتقتصر أعراض نقص العنصر فى الأوراق الوسطية على ظهور الاصفرار ما بين العروق والبقع الصغيرة الجافة . كذلك يقل معدل النمو النباتى وتبقى الأوراق صغيرة . وفى المراحل المتأخرة ينتشر الاصفرار والتحلل فى مساحاتٍ كبيرةٍ من الورقة مع تقدم ظهور الأعراض على الأوراق الأحدث . وتظهر على الثمار ظاهرة النضج المتبقع أو غير المنتظم ؛ حيث تكثر بالثمار الناضجة المساحات الخضراء والصفراء والحمراء الباهتة اللون .

٤ ـ المغنيسيوم :

يظهر ـ عند نقص العنصر ـ اصفرار فى حواف الأوراق السفلى ، يتقدم نحو الداخل فيما بين العروق الرئيسية تاركًا العروق خضراء اللون ، ثم تظهر بقع متحللة فى المناطق الصفراء بين العروق ، كما تفقد العروق الصغيرة ـ كذلك ـ لونها الأخضر . وفى حالات النقص الشديد تموت الأوراق السفلى ، ويأخذ النبات كله لونًا مصفرًا ، ويقل إنتاج الثمار .

٥ ـ الزنك :

الزنك من العناصر الصغرى المتحركة فى النبات . عند نقص العنصر تكون جميع أوراق النبات أصغر من حجمها العادى . وتظهر بقع صغيرة بنية اللون ذابلة (بها انكماش) غير منتظمة الشكل على أعناق الوريقات ، وعلى عروق الورقة وفى المساحات بين العروق ، كما تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل وتلتف الأوراق الكاملة بطريقةٍ حلزونية . وفى حالات النقص الشديد ينتشر التحلل والجفاف فى معظم النمو الخضرى .

ثانياً : العناصر غير المتحركة فى النبات

نظرًا لأن هـذه المجموعة مـن العناصر تثبت فـى الأنسجة التى تصل إليها ، ولا تتحرك منها بعد ذلك ، ونظراً لأن المراحل الأولى للنمو النباتى تستنفذ ـ فى حالات نقص العناصر ـ القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة ؛ لذا . . فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولا على الأوراق العليا من النبات .

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى :

١ ـ الكالسيوم

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات ، ويؤدى نقصه إلى اصفرار حواف الأوراق العليا ، وتحوّل سطحها السفلى إلى اللون البنى الضارب إلى القرمزى ، وخاصة عند الحواف ، وتبقى الوريقات صغيرةً ، ومشوهةً ، وتلتف حوافها إلى أعلى . ومع استمرار النقص تجف قمة الورقة وحوافها ، وتلتف أعناق الأوراق وتموت ، كما تموت القمة النامية . وفى النهاية تَصْفَرُّ كذلك الأوراق السفلية وتظهر فيها بقع متحللة . ومن أهم أعراض نقص العنصر إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى .

٢ ـ الكبريت :

الكبريت ـ كذلك ـ من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات . تبدو الأوراق العليا عند نقص العنصر صلبةً أو شبة متيبسةٍ ، وتلتف إلى أسفل ، ومع استمرار النقص تظهر بها بقع متحللة ، وتصبح صفراء اللون ، بينما تكتسب السيقان والعروق وأعناق الأوراق لونًا قرمزيا . ويظهر على الأوراق السفلية بقع متحللة عند قمة الوريقات وحوافها ، وبقع صغيرة قرمزية بين العروق .

٣ ـ الحديد :

الحديد من العناصر الصغرى ، ويعد الاصفرار أهم أعراض نقصه . يبدأ ظهور الاصفرار عند حواف الوريقات القمية ، ثم ينتشر فى كل الورقة . وفى البداية تكون

أصغر العروق خضراء اللون ؛ الأمر الذى يعطى الورقة مظهرًا شبكيا من العروق الصغيرة الخضراء فى خلفية صفراء اللون ، ولكن سرعان ما تكتسب الورقة كلها لونا أصفر شاحبًا ، ولكن لا يظهر أى تحللٍ فيها . ومع استمرار النقص تظهر الأعراض على الأوراق التى تلى القمة النامية ، فالأدنى منها . . . وهكذا . يكون النمو النباتى متقزمًا ، والسيقان رفيعةً ، والأوراق صغيرةً ، كما تفشل الأزهار فى العقد .

٤ ـ البورون :

البورون من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى ضعف النمو الخضرى ، وجفاف وموت القمة النامية للنبات . ويظهر على الأوراق العليا للنبات المتأثر بنقص العنصر اصفرار بين العروق ، وتبرقشات فى الوريقات التى تبدو أصغر من حجمها الطبيعى ، وتلتف إلى أعلى ، وتتشوه ، ثم تكتسب لونًا بنيا وتموت . وتكتسب الأوراق الوسطية لونًا برتقاليا ضاربًا إلى الصفرة ، وتصبح العروق صفراء أو قرمزية اللون . أما الأوراق السفلية فيكون لونها أخضر ضاربًا إلى الصفرة . وتموت القمم النامية للفروع الجانبية للنبات . وتكون أعناق الأوراق سهلة الكسر . وتحدث انسدادات فى الأنسجة الوعائية للنبات .

٥ ـ النحاس :

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف حواف الأوراق الوسطية والعلوية على شكل اسطوانى نحو العرق الوسطى . ولا يظهر أى اصفرارٍ أو تحللٍ ، ولكن يظهر لون أخضر ضارب إلى الزرقة ، وتكون الأوراق الطرفية صغيرةً ، وصلبةً أو شبه متيبسة ، وتلتف إلى أعلى . تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل ، وتتقزم الساق . ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة قريبًا من العرق الوسطى والعروق الكبرى وعليهما .

٦ ـ المنجنيز :

المنجنيز ـ كذلك ـ من العناصر الصغرى الذى يؤدى نقصه إلى اكتساب الأوراق الوسطى والقاعدية ـ ثم الأوراق العليا ـ لونًا باهتًا. ومن أهم ما يميز نقص العنصر

ظهور اصفرار واضح بين العروق مع بقاء العروق خضراء اللون ، ثم ظهور بقع متحللة فى المساحات الصفراء . ويكون الاصفرار أقل حِدَّةً مما فى حالة نقص الحديد ، كما لا يكون مقصورًا على الأوراق العلوية فقط مثلما تكون عليه الحال فى حالة الحديد .

٧ ـ المولبيدنم :

المولبيدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكمياتٍ قليلةٍ جدا . ويؤدى نقصه إلى ظهور لونٍ أخضر شاحبٍ وتبرقشاتٍ مصفرةٍ فى المساحات بين العروق فى جميع أوراق النبات . كما تفقد العروق الصغيرة لونها الأخضر . ويبدأ ظهور التحلل فى المساحات الصفراء وعند حواف وقمة الوريقات ، ثم يظهر ـ فى نهاية الأمر ـ على كل الورقة التى تجف وتنكمش . ويحدث تقدم الأعراض من الأوراق المسنة إلى الأوراق الأحدث ، ولكن تبقى الأوراق الفلقية خضراء اللون لفترةٍ طويلةٍ (عن Resh ١٩٨٥) .

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

التركيز الكلى للأملاح

تؤدى زيادة تركيز الأملاح فى المحلول المغذى إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات ، ونقص المحصول ، وصغر حجم الثمار ، دون أن تتأثر كمية المادة الجافة فى الثمرة الواحدة ، فتزيد نسبة المادة الجافة فى الثمار تبعًا لذلك . ويستفيد بعض منتجى الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى nutrient film technique من هذه الظاهرة بزيادة تركيز المحلول المغذى كل مدةٍ لتحسين نوعية الثمار بجعلها أصغر حجمًا (تبعًا لرغبات المستهلكين) ، وأكثر احتواءً على المواد الصلبة الذائبة (عن Ehert & HO ١٩٨٦) .

ويحدث هذا التأثير سواء أكانت الزيادة فى تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مردها إلى محتوى الماء المرتفع من كلوريد الصوديوم ، أم إلى زيادة تركيز الأملاح السمادية فى المحلول المستخدم . فمثلاً . . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨)

نقصاً جوهريًا فى محصول الطماطم ونموها الخضرى والثمرى بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى ، وكان التأثير أكبر مع زيادة تركيز الملح ، علمًا بأن التركيزات المستخدمة كانت : ٤ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ ملليمول كلوريد صوديوم / لتر .

ويبدو أن زيادة تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية ـ بإضافة كلوريد الصوديوم إليها حتى تصل درجة توصيلها الكهربائى إلى ٥,٥ ملليموز / سم ـ ليست لها تأثيرات سلبية على محصول الطماطم فى الوقت الذى تؤدى فيه إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، لكن مع التأثير سلبيا على محتواها من الكالسيوم . وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار عندما زِيد تركيز الأملاح ليلاً ، بينما لم تكن لزيادة تركيز الأملاح نهارًا تأثير مماثل . ومرد ذلك إلى أن نسبة الكالسيوم الممتص ـ التى تنتقل إلى الثمار ـ تكون أعلى ليلاً منها نهارًا .

ويذكر Adams (١٩٩٣) ازدياد حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند زيادة التركيز الكلى للعناصر المغذية عما فى حالة زيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم منفردًا .

وقد وجد Adams & Ho (١٩٨٩) أن زيادة تركيز الأملاح بزيادة أيٍّ من العناصر المغذية (البوتاسيوم ، أو المغنيسيوم ، أو النيتروجين النتراتى) ، أو كلوريد الصوديوم أحدثت تأثيرات متشابهةً ؛ فكان المحصول دائمًا منخفضًا عندما كانت درجة التوصيل الكهربائى ثابتةً عند ٨ ملليموز / سم . وكان مرد ذلك إلى نقص وزن الثمرة خلال الأربعة أسابيع الأولى من الحصاد ، وإلى نقص عدد الثمار ـ أيضاً ـ بعد ذلك . وكان لتبادل استعمال محاليل ملحية بتركيزات مرتفعة (٨ ملليموز / سم) نهارًا ، ومنخفضة (٣ ملليموز / سم) ليلاً تأثيرات سلبيةٌ على النباتات أكثر وضوحًا من تأثير استعمال محلولٍ ملحيٍّ واحد بتركيز متوسط (٥,٥ ملليموز / سم) .

كما قارن Adams (١٩٩١) تأثيرات مستويات ملوحة ٣ ،و ٨ ،و ١٢ ملليموز / فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى (حيث زيدت الملوحة فى التركيزات

العالية ؛ إما بزيادة تركيز العناصر المغذية ، وإما بإضافة كلوريد الصوديوم) ، ووجد أن زيادة الملوحة قد صاحبها نقص متزايد فى المحصول ، ولكن مع زيادة مقابلة فى نسبة الثمار العالية الجودة . وكانت استجابة الطماطم متماثلةً لمصدرى الأملاح عند مستوى ملوحة ٨ ملليموز / سم . ولكن عند مستوى ملوحة ١٢ ملليموز / سم كان استعمال العناصر المغذية فى الوصول إلى هذا المستوى من الملوحة أشدّ تأثيرًا على إنقاص وزن الثمرة وخفض وزنها الجاف ومحتواها من السكر عما كان لاستعمال كلوريد الصوديوم . كذلك ازدادت حموضة عصير الثمار ومحتوى الثمار الكلى من الأحماض عند مستويى الملوحة ٨ ، و١٢ ملليموز / سم ، ولكن التأثير كان أوضح عند استعمال العناصر المغذية لأجل الوصول إلى هذه المستويات العالية من الملوحة فى المحاليل المغذية مقارنةً باستعمال كلوريد الصوديوم .

كما وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى من نصف التركيز القياسى إلى التركيز القياسى ، وإلى ضعف التركيز القياسى (كان التوصيل الكهربائى للمحاليل المستعملة ١,٢ ،و ٢,٤ ،و ٤,٠ ملليموز / سم على التوالى ، علمًا بأن تركيز الأيونات فى المحلول القياسى بالمللى مكافئ / لتر كانت كما يلى : NO_3 ١٦ ، و NH_4 ١,٣ ، و P ٤ ، و K ٨ ، و Ca ٨ ، وMg ٤) أدت إلى زيادة معدل تشقق ثمار الطماطم الكريزية ، مع نقص وزن الثمرة ونقص الجهد المائى للأوراق والثمار ،و زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار (Ohta وآخرون ١٩٩٣ و ١٩٩٤).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى إلى نقص محتوى الأوراق والثمار من البوتاسيوم وإلى نقص محتوى الثمار من كلٍّ من الكالسيوم والمغنيسيوم (Adams ١٩٨٤) .

ويمكن ـ بزيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى ـ تقليل الآثار الضارة التى تحدثها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فيها . فمثلاً . . وجد أن وجود ملح كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بتركيز ٥٠ مللى مول أحدث نقصًا جوهريا فى كلٍّ من ول النبات ، ووزن الثمرة ،و الوزن الجاف الكلى للنبات ، ولكنه أحدث ـ كذلك ـ ـيادةً فى عدد الثمار / نبات ، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .

وأدت إضافة نترات البوتاسيوم - إلى هذا المحلول المغذى الملحى - بتركيز ٤ أو ٨ مللى مول إلى إحداث تحسنٍ جوهريٍّ فى طول الساق ، ونسبة عقد الثمار ، وعدد الثمار / نبات ، ووزن الثمرة ، والوزن الجاف الكلى للنبات ، دون التأثير على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة التى أحدثتها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Satti & Lobez ١٩٩٤). كما أدت إضافة البوتاسيوم أو الكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بنسبة ٣٠٠ ٪ إلى ٧٠٠ ٪ فى مختلف أصناف الطماطم . وأحدثت إضافة البوتاسيوم تحسنًا واضحًا فى نمو وتطور النباتات . كذلك أحدثت إضافة الكالسيوم تحسنًا مماثلاً ، ولكن بدرجةٍ أقل مما فى حالة البوتاسيوم (عن Satti وآخرين ١٩٩٤) .

العناصر الكبرى

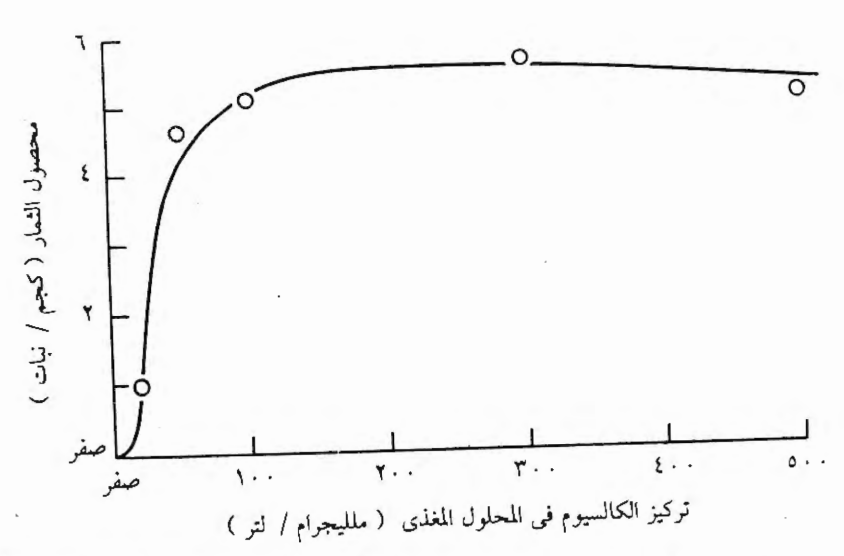
يتفق كثير من الباحثين على أن أنسب تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للطماطم فى المزارع المائية هو ٢٠٠ جزءً فى المليون . ولكن تستعمل فى فلوريدا خمسة تركيزات من النيتروجين فى المحاليل المغذية ؛ تبدأ بتركيز ٧٠ جزءًا فى المليون فى مراحل النمو الخضرى الأولى ، وتزداد تدريجيا مع تقدم نمو وتطور النباتات ، إلى أن يصل تركيز النيتروجين إلى ١٥٠ جزءًا فى المليون أثناء مرحلة الإثمار الغزير . ويفيد ذلك فى خفض معدلات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى ، الذى يصاحب - عادةً - حالات النمو الخضرى المبكر الغزير ، الذى قد يحدث نتيجة لزيادة امتصاص النباتات للنيتروجين فى مراحل نموها الأولى (عن Schon وآخرين ١٩٩٤) .

ويذكر Chi & Han (١٩٩٤) أنه بجعل تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ٤ مللى مكافئ / لتر (مقارنةً بتركيزات ١ و ٢ و ٨ و ١٦ مللى مكافئ / لتر) أمكن تجنب النمو الخضرى الغزير دون التأثير على محصول الثمار .

ويزداد محصول الطماطم تدريجيا بزيادة مستوى البوتاسيوم أو الكالسيوم فى المحلول المغذى ، إلى أن يصل تركيز أيٍّ منهما إلى حوالى ١٢٥ جزءًا فى المليون . وتتوقف الزيادة فى المحصول بعد ذلك على زيادة تركيز أيٍّ منهما .

ويتأثر نمو الطماطم ـ بشدة ـ بنقص الكالسيوم فى مراحل النمو الأولى ؛ حيث تظهر الأعراض على الأوراق القمية وعلى الثمار الصغيرة فى خلال أسبوعين من التعرض لنقص العنصر . وأكثر الثمار حساسيةً لنقص الكالسيوم هى التى يتراوح عمرها بين ٧ أيام و ١٠ أيام من العقد ؛ حيث تكون أكثر تعرضا للإصابة بتعفن الطرف الزهرى . ويزداد تأثر النباتات بنقص الكالسيوم فى ظروف الإضاءة القوية عنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة . ويؤدى نقص الكالسيوم فى مراحل النمو المبكرة إلى تأخير ظهور أعراض نقص المغنيسيوم ، بينما يؤدى نقصه فى مراحل النمو التالية إلى منع ظهور أعراض نقص المغنيسيوم ، أو خفض حدة أعراض نقصه التى قد تكون متواجدة بالفعل (Sonneveld & Voogt ١٩٩١) .

ويوضح شكل (٩ ـ ٤) تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم ، ويتبين منه زيادة المحصول بزيادة تركيز العنصر حتى ١٠٠ جزءٍ فى المليون (١٠٠ مجم / لتر) .



شكل (٩ ـ ٤) : تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم (عن Adams ١٩٨٦) .

العناصرالدقيقة

تؤثر العناصر الدقيقة تأثيراً مباشراً على محصول الطماطم . وتبدو هذه العلاقة واضحةً بالنسبة لعنصر البورون فى جدول (٩ ـ ٥) الذى يبين تأثير تركيز البورون فى المحلول المغذى على عدد الثمار التى ينتجها النبات، والمحصول فى مزرعةٍ رمليةٍ ، كما يبين جدول (٩ ـ ٦) تأثير نقص عناصر النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ـ كل على انفراد ـ على النمو النباتى والمحصول ، ويتضح من الجدول أن نقص أيٍّ من هذه العناصر يؤثر بشدة على نبات الطماطم . وقد تراوح النقص فى المحصول بين ٥٦,٥ ٪ فى حالة نقص الزنك ، و ٩٥,٩ ٪ فى حالة نقص النحاس (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٥) : تأثير تركيز البورون فى المحلول الكلى ، وعدد الثمار التى ينتجها النبات فى مزرعةٍ رملية .

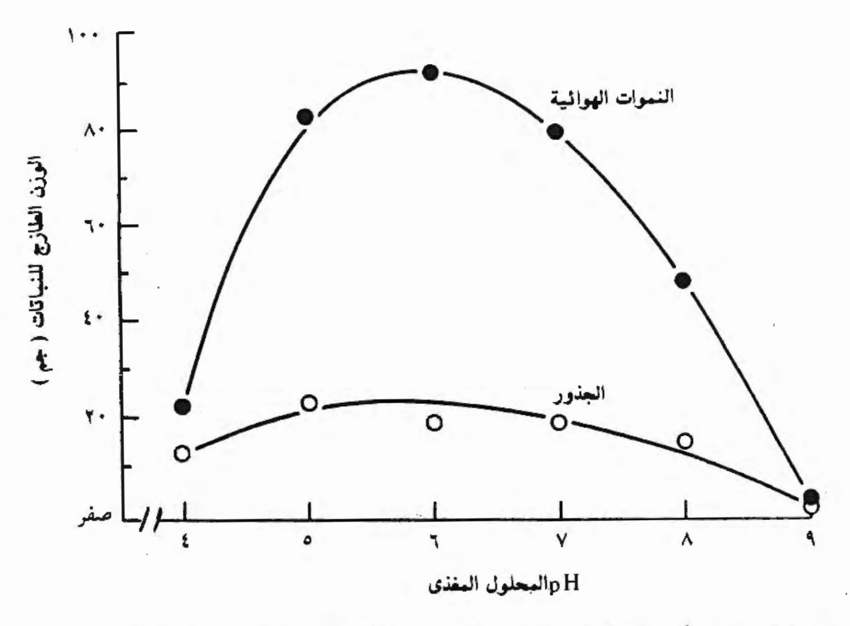
تركيز البورون فى المحلول المغذى (جزء فى المليون)	عدد الثمار التى ينتجها النبات	وزن الثمار / نبات (جم)
٠,٠٠٨	٢٠	١٧٨٦
٠,٠١٥	٢٨	١٩٩١
٠,٠٣٠	٣٦	٢٦٧٤
٠,٠٦٠	٥٠	٢٧٠٤
٠,٢٠٠	٥٨	٣٥٨٩

جدول (٩ ـ ٦) : تأثير نقص عناصر النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ـ كلٍّ على انفراد ـ من المحلول المغذى على النمو الخضرى ، والمحصول فى الطماطم .

المحلول المغذى	طول النبات (سم)	الوزن الجاف للنبات (جم)	عدد الثمار / نبات	المحصول / نبات (جم)
يحتوى على جميع العناصر	٣٠٧	٣٣٩	٣٦	١٧٤٧
به نقص فى النحاس	١٦٣	٢٨	٢	٧٢
به نقص فى الحديد	١٧٢	٧٨	١٠	٤٠١
يه نقص فى المنجنيز	١٧٩	٩٩	٨	٤٤٧
به نقص فى الزنك	٢٣٠	١٧٩	١٢	٧٦٠

رقم الحموضة (الـ pH)

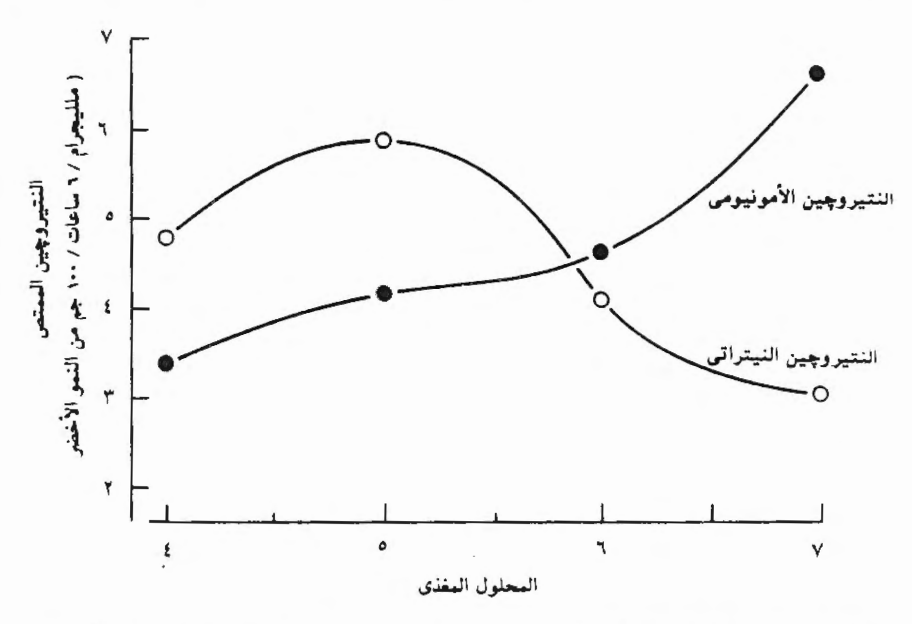
يؤثر pH المحلول المغذى تأثيرًا مباشرًا على نبات الطماطم ، بينما يتأثر النمو الخضرى بدرجةٍ أكبر بكثيرٍ من النمو الجذرى ، وتبدو هذه العلاقة واضحةً فى شكل (٩ ـ ٥) . ويتراوح أفضل pH لنبات الطماطم بين ٥,٥ و ٦,٥ ؛ كما يؤدى ارتفاع أو نقص الـ pH عن ذلك إلى تدهورٍ كبيرٍ فى النمو النباتى .



شكل (٩ ـ ٥) : تأثير pH المحلول المغذى على النمو الخضرى ، والجذرى لنبات الطماطم .

كما يؤثر pH المحلول المغذى أيضًا على امتصاص النيتروجين فى صورتيه النتراتية ، والأمونيومية (شكل ٩ ـ ٦) . فبينما تزداد كمية النيتروجين الأمونيومية التى يمتصها نبات الطماطم بزيادة pH المحلول المغذى تدريجيا من ٤ إلى ٧ ، فإن كمية النيتروجين النتراتية الممتصة تكون أعلى ما يمكن فى pH ٥,٠ ، وتقل بزيادة أو نقص الـ pH عن ذلك (عن Adams ١٩٨٦) .

وتؤدى ـ كذلك ـ زيادة pH المحلول المغذى إلى نقص تيسر كلٍّ من : الفوسفور ، والبورون ، والنحاس ، والحديد (Adams ١٩٩٤) .



شكل (٩ ـ ٦) : تأثير pH المحلول المغذى على امتصاص عنصر الأزوت بصورتيه النتراتية والأمونيومية .

التهوية

تعد تهوية المحاليل المغذية أمرًا ضروريًا لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور . ويؤدى سوء التهوية إلى ضعف النمو النباتى ، وقلة امتصاص العناصر ، ويتضح ذلك جليا من جدول (٩ ـ ٧) الذى يعطى مقارنةً بين كميات أيونات البوتاسيوم ، والنترات ، والفوسفات ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم التى تمتصها نباتات الطماطم من المحاليل المغذية المهواة جيدًا وغير المهواة (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٧) : تأثير pH تهوية محلول هوجلاند المغذى على امتصاص الطماطم لبعض الأيونـات (مللى مكافئ) .

الأيون	الكمية الممتصة من المحاليل المغذيية	
	غير المهواة	المهواة جيدًا
البوتاسيوم K^+	٥٠٦	٧٣٨
النترات NO_3^-	٧٧٦	١٠٧٤
الفوسفور $H_2PO_4^-$	١١٨	١٦٠
الكالسيوم Ca^{++}	٣٢٩	٤٤٥
المغنيسيوم Mg^{++}	١٤١	١٩٧

برنامج التسميد للزراعات المائية

نظرًا لأن الزراعات المائية تعتمد فى تغذيتها على المحاليل المغذية (وهى التى تناولناها بالشرح المفصل فى الفصل الرابع) ؛ لذا . . فإنه لا يمكن الحديث عن برامج للتسميد فى المزارع المائية بالمعنى المفهوم لذلك . وأهم ما يرغب المنتج فى الإلمام به ـ فى هذا الخصوص ـ هو حاجة النباتات اليومية من مختلف العناصر ، والتى يمكن الاسترشاد بها فى تحضير المحاليل المغذية ، وحساب كميات الأسمدة التى تجب إضافتها إليها أسبوعيا لتعويض ما تمتصه النباتات منها . ويجد القارئ فى جدول (٩ ـ ١٠) هذه المعلومات ـ بصورةٍ تقريبية ـ بالنسبة لمحصول الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى . وقد أوردنا هذا الجدول للاسترشاد به بالنسبة للاتجاه العام فقط ، مع الأخذ فى الحسبان أن الأرقام التى وردت فيه يمكن أن تختلف كثيرًا عن ذلك فى الظروف المختلفة ومع الأصناف المختلفة .

برنامج التسميد للزراعات الأرضية

نُذكّر ـ بدايةً ـ بكميات الأسمدة التى سبقت إضافتها فى باطن مصاطب الزراعة أثناء إعداد التربة للزراعة ؛ وهى كما يلى (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٠٠ م² تقريبًا) :

٥ م³ سمادًا بلديا ، أو ٢,٥ م³ سماد أغنامٍ أو خيولٍ ، أو ١ م³ زرق دواجن .

٢٠ كجم نيتروجينًا (أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات نشادر) .

١٥ كجم P_2O_5 (أى حوالى ١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى) .

٢٥ كجم K_2O أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم) .

٢,٥ كجم MgO (أى حوالى ٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم) .

٥٠ كجم كبريتًا زراعيا .

أما برنامج التسميد التالى للزراعة فإنه يتعين أن يأخذ فى الحسبان استمرار إمداد النباتات باحتياجاتها من جميع العناصر الضرورية ـ الكبرى والصغرى ـ مع مراعاة التوازن فيما بينها ، واختلاف حاجة النباتات من كلٍّ منها باختلاف مرحلة النمو النباتى .

جدول (٩ ـ ١٠) : كمية العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم بالملليجرام / نبات أسبوعيا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (عن Cooper ١٩٧٩) .

الأسبوع	النيتووجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم	الحديد	المنجنيز	البورون	النحاس
١	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٢	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٣	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٤	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٥	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٦	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٧	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٨	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٩	٣٨٥	٤١٣	٤٣٤	٨٤	٢٠	١٠	٠,٣٠	٠,١٣	٠,١٧
١٠	٤٧٦	٤٩٧	٧٣٥	٢١٧	٥٨	١٥	٠,٥٨	٠,١٥	٠,٢١
١١	٧١٤	٥١٨	٩٧٣	٤٤٨	٧٤	٢٠	٠,٨٠	٠,٧٤	٠,٤٥
١٢	٦٧٢	٧٠٧	١٠٥٧	٤٢٠	٦٢	١٨	٠,٨٥	٠,٤٧	٠,٣٩
١٣	٩٥٢	٩١٧	١٥٦١	٦٠٩	١٢٢	٢٤	١,١٤	٠,٥٠	٠,٥٥
١٤	٨٧٥	٩١٧	١٧١٥	٤٥٥	٨٨	٢٤	١,١٢	٠,٦٥	٠,٥٢
١٥	١٢٣٢	١٠٥٠	٢٩٦٨	٥٠٤	٨٠	٤٨	٠,٠٩	٠,٥٣	٠,٤٩
١٦	٩٧٣	١٠٥٠	٢٣٨٠	٤٩٧	٦٤	٤٨	٠,٩٤	٠,٦٤	٠,٠٧
١٧	٨٥٤	٩٥٢	٢٠٥١	٣٧١	١٨	٣٣	٠,٦٥	٠,٤١	صفر
١٨	٩٧٣	١٢٢٥	٢١٨٤	٤٦٢	٦٢	٦٤	٠,٧٩	٠,٦٣	صفر
١٩	١١٦٢	١٢٧٤	٢٢٤٧	٥٦٧	١٠١	٧٨	٠,٩٧	٠,٥٩	٠,٠٩
٢٠	١١٥٥	١٢٩٥	٢٤٠٨	٦٥٨	٦٤	٦٨	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٠٤
٢١	١١٩٠	١٢٦٧	٢٢٥٤	٧٨٤	١٦١	٦٩	١,٣٠	٠,٦٠	٠,٤٤
٢٢	١١٣٤	١٥٤٠	٢١٨٤	٦٧٩	١٣٠	٧٥	١,٠٤	١,٠٨	٠,١٧
٢٣	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧
٢٤	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧

توصى وزاة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ـ جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومين للتسميد بكلٍّ من نترات النشادر ، وحامض

الفوسفوريك ، وسلفات البوتاسيوم ، وسلفات المغنيسيوم معًا ،ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم ، ويترك اليوم الرابع دونٍ تسميد ، ثم تعاد الدورة . . . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) :

السماد	كمية السماء بالجرام /م٣ من مياه الرى خلال شهور							
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية
نترات النشادر	٤٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٧٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠	٧٥	٧٥
نترات الكالسيوم	-	-	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

ومن الطبيعى أن كميات الأسمدة الكلية التى تضاف إلى كل صوبةٍ تتوقف ـ تبعًا لهذا البرنامج ـ على كمية مياه الرى المستعملة ، وهى التى تتوقف على كلٍّ من مسامية التربة ، ومرحلة النمو النباتى ، ودرجة الحرارة السائدة . وقد سبق أن تناولنا موضوع الرى بالشرح فى الفصل السابع ، وأوضحنا أن كمية مياه الرى المستعملة يوميا تكون فى الأراضى الصحراوية حوالى ٢/١ م^{٣} / صوبة مساحتها ٥٤٠ م^{٢} فى بداية حياة النباتات (بعد الشتل مباشرةً) تزداد تدريجيا ، إلى أن تصل إلى حوالى ٥ م^{٣} صوبة وقت الذروة .

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يجرى حوالى منتصف شهر نوفمبر أو قبل ذلك بقليل . وتعد كميات الأسمدة الموضحة هـى الحدود القصوى للتسميد بالعناصر الكبرى ، وإذا لوحظت أعراض غير طبيعيةٍ ناشئة عن زيادة معدلات التسميد ، فإن التسميد يمكن تقليله بزيادة عدد أيام الرى بدون تسميد ، أو بخفض كميات السماد المبينة / م^{٣} من مياه الرى بنسبةٍ معينةٍ حسب الحالة ، أو بتقصير فترة الرى اليومية بالسماد مع إكمال الرى بدون سماد .

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشا بنسبة ٢,. ٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين .

ونقدم - فيما يلى - برنامجًا آخر للتسميد التالى للشتل - فى الأراضى الصحراوية - يُعدّ وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها . يعتمد التسميد فى هذا البرنامج - كالعادة - على إضافة أسمدة العناصر الكبرى مع مياه الرى بالتنقيط ، مع الاعتماد على المصادر التالية لمختلف العناصر :

العنصر	الأسمدة
النيتروجين	نترات النشادر بصورة أساسية.
	اليوريا فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد ، ولكن يفضل - عند استعمالها - أن يكون ذلك بالتبادل مع المصادر الآزوتية الأخرى.
	سلفات النشادر : يكون استعمالها مع نترات النشادر واليوريا أو بالتبادل معهما
	حامض النيتريك : يستعمل فى إذابة سلفات البوتاسيوم.
	نترات الكالسيوم : قد تستعمل عند الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم.
	فوسفات أحادى الأمونيوم : يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
	فوسفات ثنائى الأمونيوم : يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الأزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور.
الفوسفور	حامض الفوسفوريك : هو المصدر المفضل للفوسفور لأجل خفض pH مياه الرى ، والمساعدة على ذوبان الأملاح المترسبة فى شبكة الرى.
	فوسفات أحادى الأمونيوم.
	فوسفات ثنائى الأمونيوم.
البوتاسيوم	سلفات البوتاسيوم : يستعمل رائق السماد أو يُذاب السماد بواسطة حامض النيتريك كما سبق بيانه فى الفصل السابع.

وباستثناء سماد نترات الكالسيوم - الذى يجب أن يُسمد به منفردًا - فإن جميع الأسمدة الأخرى يمكن إضافتها مجتمعةً . كذلك لا يجوز استعمال أملاح السلفات (الكبريتات) والفوسفات عند احتواء مياه الرى على تركيزات عالية - طبيعية - من الكالسيوم ؛ ذلك لأن كايتون الكالسيوم يتفاعل مع الأنيونات الأخرى ؛ ليكون أملاحًا غير ذائبة مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم) ، وفوسفات ثلاثى الكالسيوم (عندما يكون pH مياه الرى أكثر من ٧,٠) .

يكون التسميد (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٠٠ م٢) كما يلى :

تعطى كل جورةٍ (حفرة زراعة) ـ عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) ـ حوالى ١٢٥ مل (سم٣) ـ أى ملء نصف كوبٍ ماءً ـ من سمادٍ بادئٍ يُحضر بإذابة سمادٍ مركبٍ (ورقيّ) ـ غنى بكلٍّ من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور ـ فى الماء بنسبة ٠,٢ ٪ (٢٠٠ جم من السماد / ١٠٠ لتر ماء) .

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة ، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سماديةٍ مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . . فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون ـ أسبوعيا ، وعلى مدى خمسة شهورٍ بعد الشتل ـ على النحو التالى :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	ـ	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢
الخامس إلى السابع (الإزهار والعقد)	٣	٢,٠	١,٥	١,٥	٠,٢
الثامن إلى الثانى عشر	٥	٢,٥	١,٠	٢,٥	٠,٢٥
الثالث عشر إلى السادس عشر	٤	٢,٠	٠,٧٥	٢,٥	٠,٢٥
السابع عشر إلى العشرين	٤	١,٥	٠,٥	٢,٥	٠,٢
الحادى والعشرون إلى الثانى والعشرين	٢	ـ	ـ	ـ	ـ
إجمالى الكمية المضافة	ـ	٥٧	٣٢	٦٠	٦

تحسب كميات الأسمدة المطلوبة لكل أسبوعٍ ، وتتم إضافتها علـى مدى ٥ ـ ٦ أيام ، مع تخصيص يوامٍ واحدٍ أو يومين غير متتابعين ـ أسبوعيا ـ للرى فقط بدون إضافة أسمدة ؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور . وقد تُجزّأ كميات الأسمدة بالتساوى على أيام التسميد وتضاف معًا ـ وهذا هو الإجراء المفضل ـ أو يخصص يومين لكلٍّ من : الأسمدة الآزوتية ، والأسمدة الفوسفاتية ، والأسمدة البوتاسية ، مع إضافة سلفات المغنيسيوم مع أية مجموعةٍ منها .

وإذا كان استعمال الأسمدة المركبة اقتصاديا . . فإنه يمكن الاستعانة بها ، مع خفض كميات الآزوت والبوتاسيوم التى تُعطاها النباتات إلى نحو ٦٠ ٪ ـ ٧٥ ٪ من

الكميات الموصى بها ؛ ذلك لأن النباتات تستفيد منها بكفاءة أعلى من الأسمدة التجارية البسيطة . وأما الكميات المخصصة من الفوسفور فإنها لا تُخفض ؛ لأن كفاءة استفادة النباتات من حامض الفوسفوريك - الموصى به للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط - تكون عاليةً أصلاً .

وتحتاج الطماطم - بالإضافة إلى ما سبق بيانه من عناصر سمادية - إلى ما يلى :

١ - الكبريت :

تحصل عليه النباتات من الكبريت الزراعى المضاف قبل الزراعة ، وكذلك من كلٍّ من : السوبر فوسفات العادى ، وسلفات الأمونيوم ، وسلفات البوتاسيوم .

٢ - الكالسيوم :

تحصل النباتات على جزء كبير من احتياجاتها من الكالسيوم من سوبر فوسفات الكالسيوم المضافة قبل الزراعة ، لكن يلزم - كذلك - التسميد بنترات الكالسيوم ، أو برائق نترات الكالسيوم الجيرية ، ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل ، ولمدة ١٤ أسبوعًا على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠ م^{٢}) :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم / أسبوع)
السابع إلى الثامن	٢	٠,٣
التاسع إلى العاشر	٢	٠,٤
الحادى عشر إلى الرابع عشر	٤	٠,٦
الخامس عشر إلى الثامن عشر	٤	٠,٤
التاسع عشر إلى العشرين	٢	٠,٣
المجموع	-	٦,٠

وبذا .. تحصل كل صوبة على نحو ٤٠ كيلو جراما من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ٦ كجم من النيتروجين) .

لا تجب - أبدًا - إضافة نترات الكالسيوم مع أيٍّ من الأسمدة الأخرى ، ولكن يخصص لإضافتها يومين غير متتابعين أسبوعيا .

٣ ـ العناصر الدقيقة :

تضاف العناصر الدقيقة بطريقة الرش ـ مرةً واحدةً أسبوعيا ـ بمعدل ٥٠ ـ ١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر الدقيقة ، تُذاب فى ٥٠ ـ ١٠٠ لتر ماءٍ لكل صوبة . يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى ، مع زيادة كمية السماد المستعملة مع تقدم نمو النباتات .

ويمكن إضافة العناصر الدقيقة مع مياه الرى بالتنقيط إذا كانت فى صورةٍ مخلبيةٍ ؛ لأن الصور غير المخلبية للعناصر الدقيقة (خاصةً الحديد ، والزنك ، والنحاس ، والمنجنيز) يمكن أن تثبت فى الأراضى القلوية .

استعمال المنشطات الحيوية

يحظى موضوع المنشطات الحيوية Biostimulants باهتمامٍ متزايدٍ ـ من قِبَل الباحثين والمنتجين ـ فى مجال إنتاج الخضر ، وقد أفردنا له فصلاً خاصا به فى كتابنا « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) .

ولا تخفى أهمية الاستفادة من تلك التقنيات الحديثة فى مجال الزراعات المحمية ، سواء أكانت أرضيةً ، أم لاأرضية ، وسواء أكانت لاأرضية صلدة ، أم مائية . وكمثالٍ على ذلك . . وجد Gangé وآخرون (١٩٩٣) أن إضافة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى Pseudomonas fluorescens (سلالة رقم ٦٣ ـ ٢٨) إلى البيت موس فى مزرعة طماطم لاأرضية قوامها البيت موس ـ عندما كانت الظروف البيئية غير مواتيةٍ للنمو النشط للطماطم ـ أحدثت زيادةً قدرها ١٣,٣ ٪ فى المحصول الكلى ،و ١٨,٢ ٪ فى محصول ثمار الدرجة الأولى ،و ١١,١ ٪ فى متوسط وزن الثمرة .

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تعتبر التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون أمرًا بالغ الحيوية فى الدول الباردة التى تُوقَف فيها عملية تهوية البيوت المحمية لفتراتٍ طويلة ؛ (بسبب برودة الهواء الخارجى) ؛ الأمر الذى يترتب عليه استنزاف غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى

هواء البيت . وحتى فى المناطق المعتدلة التى تبدأ فيها تهوية البيوت ـ شتاءً ـ الساعة العاشرة صباحًا ، أو التى قد تتأخر فيها تهوية البيوت المحمية إلى ما بعد الظهر فى الأيام الباردة . . فقد ظهر اتجاه نحو محاولة تعويض النقص الذى يحدث فى تركيز الغاز فى البيوت المحمية خلال تلك الفترات ، أو حتى زيادة تركيزه عن المعدل الطبيعى ، فى محاولة لاستثمار فترة التوقف عن التهوية فى زيادة معدل البناء الضوئى .

ففى دولٍ مثل هولندا والمملكة المتحدة يقل محصول الطماطم فى البيوت المحمية بنسبة تصل إلى ١٧ ٪ بسبب استنزاف غاز ثانى أكسيد الكربون ، على الرغم من توفير كميات من الغاز نتيجةً لحرق الغاز الطبيعى فى عملية التدفئة . ويؤدى تزويد الصوبات بالغاز ، إلى أن يصل إلى المستوى الطبيعى (٣٤٠ جزءًا فى المليون) ـ خلال فترة الإضاءة نهارًا ـ إلى تجنب الفقد فى المحصول ، مع استمرار تزايد المحصول باستمرار زيادة تركيز الغاز إلى حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون ، دون التأثير على متوسط وزن الثمرة (جدول ٩ ـ ١١) .

جدول (٩ ـ ١١) : تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيوت المحمية على محصول الطماطم ومتوسط وزن الثمرة (عن van de Vooren ١٩٨٦) .

تركيز الغاز (جزء فى المليون)	المحصول (٪ من الشاهد)	المحصول (كجم / م٢)	وزن الثمرة (جم)
١٥٠	٧٢	٣,٩٢	٤٣
٢٤٥	١٠٠	٥,٤٢	٥٠
٤٣٠	١٢٢	٦,٦٢	٥١
٧٩٠	١٣١	٨,١٢	٥٦
١٥٠٠	١٣٢	٨,١٦	٥٥
٢٨٧٠	١٠٠	٥,٤٤	٥١

وفى المملكة المتحدة . . وجد Slack وآخرون (١٩٨٨) أن استجابة الطماطم لزيادة ـ تركيز الغاز – صيفًا ـ كانت خطيةً ؛ حيث قدرت الزيادة فى محصول الثمار الصالحة للتسويق ـ فى المتوسط ـ بنحو ٢,٦٥ ± ٠,٢٠١ كجم ـ م٢ من مساحة الصوبة

لكل زيادة مقدارها ١٠٠ جزء فى المليون من الغاز فيما بين التركيزين ٣٢٠ ، و٥٢٦ جزءًا فى المليون .

ووجد Lindhout & Pet (١٩٩٠) أن متوسط الزيادة الناشئة عن زيادة تركيز الغاز من ٣٢٠ إلى ٧٥٠ جزءًا فى المليون ـ مقدرة خلال ٥٥ يومًا من الزراعة فى ٩٦ صنفًا وسلالة من الطماطم ، على أساس النسبة بين الوزن الجاف عند التركيز المرتفع من الغاز إلى الوزن الجاف عند التركيز المنخفض ـ كانت ٢,٣ . وقد تباينت التراكيب الوراثية ـ معنويا ـ فى تأثرها بزيادة تركيز الغاز .

وقد أدت زيادة تركيز الغاز (من ٣٤٠ جزءًا فى المليون إلى ٧٠٠ أو ١٠٠٠ جزء فى المليون) إلى خفض معدل النتح من الأوراق ، وزيادة معدل البناء الضوئى فيها . ولكن لم يزدد إنتاج النبات من المادة الجافة إلا فى تركيز ٧٠٠ جزء فى المليون ، مع توفر حرارة ٢٥ ° م نهارا ،و ١٦ ° م ليلاً (Behboudian & Lai ١٩٩٤) .

ويؤكد ذلك نتائج دراسات Lee & Lee (١٩٩٤) التى توصلا منها إلى أن زيادة تركيز الغاز إلى ٨٠٠ جزء فى المليون أدت إلى خفض معدل البناء الضوئى فى المراحل المبكرة من المعاملة بالغاز ، ولكن البناء الضوئى انخفض إلى أقل من معدله الطبيعى (تحت ظروف التركيز الطبيعى للغاز) بعد ٣٠ يومًا من زيادة تركيز الغاز.

كما تتأثر الاستجابة لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون بدرجة حرارة الجذور . ففى دراسة عُرّضت فيها نباتات الطماطم للغاز بتركيز ٣٣٠ أو ٨٠٠ جزء فى المليون (ميكرولتر / لتر) ، وعُرّضت فيها الجذور لحرارة ١٢° ، أو ١٨° ، أو ٢٤° ، أو ٣٠° ، أو ٣٦°م ، وجد ما يلى (Yelle وآخرون ١٩٨٧) :

١ ـ كانت الزيادة فى النمو الخضرى ـ بزيادة تركيز الغاز ـ أكثر مع زيادة حرارة الجذور حتى ٣٠° م .

٢ ـ أدى تركيز ٨٠٠ جزء فى المليون من الغاز إلى زيادة امتصاص النيتروجين بنسبة ٥٨ ٪ والبوتاسيوم بنسبة ٤٥ ٪ .

٣ ـ حدث أعلى امتصاص للفوسفور فى تركيز ٨٠٠ جزء فى المليون من الغاز ، مع تعريض الجذور لحرارة ٣٦° م .

٤ ـ عندما كانت حرارة الجذور منخفضةً أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة النمو ، ولكنها لم تؤثر على انتقال النترات إلى الأوراق .

٥ ـ كان أفضل تأثيرٍ لزيادة تركيز الغاز على حرارة ٣٠° م هو زيادة انتقال النترات إلى النموات الخضرية.

وتزداد ـ كذلك ـ الاستجابة لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون عندما يكون مستوى التغذية مثاليا ، دون زيادةٍ مفرطةٍ ، أو نقصٍ مؤثرٍ على النمو (عن Yelle وآخرين ١٩٨٧) .

وعلى الرغم من توصل عديدٍ من الباحثين إلى أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز تزداد بزيادة مدة المعاملة خلال الفترة الضوئية ، إلا أنه يبدو أن النباتات تتأقلم ـ فسيولوجيا ـ خلال فترة زيادة الغاز ؛ بحيث يتأثر معدل البناء فيها ـ سلبيا ـ خلال الفترات الأخرى من النهار التى لا تستمر خلالها المعاملة بالغاز (Longuenesse ١٩٩٠) . هذا . . إلا أن دراسات Peet وآخرين (١٩٩٠) أوضحت أن معدل البناء الضوئى ـ فى الطماطم خاصة ـ لا يتأثر بزيادة تركيز الغاز ، أو بزيادة شدة الإضاءة (إلى ٤٠٠ ميكرومول / م^{2} فى الثانية) ، وأن ما يحدث هو إعادة توزيع نواتج البناء الضوئى تحت ظروف التركيز المرتفع من الغاز ، بحيث تحصل النموات الخضرية ـ خاصة الثمار ـ على نصيب أوفى منها على حساب الجذور .

وقد وجد ـ كما أسلفنا ـ أن الاستجابة لزيادة تركيز الغاز (إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون) مردها إلى حصول النموات الخضرية على قدرٍ أكبر من نواتج البناء الضوئى على حساب الجذور ، مقارنة بما يحدث عند التركيز الطبيعى (٣٥٠ جزءًا فى المليون) . وقد وجد الباحثون أن تلك الحالة أدت إلى ظهور التفاف إلى الداخل بالأوراق مصحوبًا بأعراضٍ شبيهةٍ بأعراض نقص الكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والمنجنيز ، ازدادت مع تقدم موسم النمو ، وكانت مرتبطةً إيجابيا بالمحصول ، وسلبيا بتركيز البوتاسيوم فى الأوراق . وقد أرجع الباحثون ذلك إلى ضعف النمو

الجذرى تحت ظروف التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكربون ؛ بسبب انخفاض نسبة ما تحصل عليه الجذور من نواتج البناء الضوئى فى هذه الظروف (Tripp وآخرون ١٩٩١ و Peet ، Peet و آخرون ١٩٩١) .

كما تؤكد دراسات Nederhoff وآخرين (١٩٩٢) أن زيادة تركيز الغاز خلال فترة الصيف تُحدث تشوهًا بالأوراق ، وتؤدى إلى قِصَر طولها ، ونقص مساحتها ، وزيادة محتواها من النشا والمادة الجافة ، وهى الظاهرة التى أطلقوا عليها اسم "Short Leaf Syndrome" . وقد اقترحوا معالجة هذه الحالة بزيادة الكثافة النباتية ؛ ليكون لزيادة تركيز الغاز تأثير إيجابى على المحصول .

وتأكيدًا لذلك . . وجد Behboudian & Lai (١٩٩٤) أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون أحدثت نقصًا فى تركيز العناصر الكبرى والصغرى بالأوراق عما فى معاملة الشاهد .

ويفيد مجرد تعريض بادرات الطماطم - التى تُنتج فى البيوت المحمية شتاءً لكى تشتل مبكرًا فى الحقل بعد ذلك - يكفى مجرد تعريضها - لمدة ثلاثة أسابيع قبل شتلها - لتركيز ٩٠٠ جزء فى المليون من غاز ثانى أكسيد الكربون (مع توفير إضاءةٍ إضافيةٍ مقدارها ١٠٠ ميكرومول / م٢ فى الثانية فى المناطق التى تنخفض فيها شدة الإضاءة) ؛ لتحسين نموها بعد الشتل ؛ حيث يزداد تراكم المادة الجافة بنسبة حوالى ٥٠ ٪ فى نمواتها الخضرية والجذرية ، ويزداد محصولها المبكر بنسبة ١٥ ٪ .

كذلك يستدل من دراسات Tripp وآخرين (١٩٩٢) على أن زيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون لمدة ٨,١ ساعة يوميا خلال النهار خفضت أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء Trialeurodes vaporariorum . ولم يُرجِع الباحثون هذا التأثير إلى زيادة تركيز الغاز بصورةٍ مباشرة ، وإنما إلى تأثير الغاز على مستوى الكربون والنيتروجين بالأوراق ؛ حيث أدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة نسبة الكربون إلى النيتروجين ، بينما تناسبت أعداد الذبابة سلبيا مع تركيز الكربون وإيجابيا مع تركيز النيتروجين .

وتحت الظروف شبة الاستوائية يكون لوقف عملية التهوية شتاءً ـ بهدف زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون صناعيا ـ تأثير سيئ على محصول الطماطم . كما يكون للتظليل الجزئى للبيوت المحمية (بهدف الاستغناء عن عملية التهوية ليمكن زيادة تركيز الغاز) تأثير سيئ مماثل على المحصول . ففى دراسة ظللت فيها البيوت بدرجةٍ أدت إلى حجب ٥٠ ٪ من الأشعة الشمسية (١٦٠ ـ ١٩٠ ميكرومول / م^2 فى الثانية) ، أو تركت دون تظليلٍ (٤٥٠ ـ ٥٥٠ ميكرومول / م^2 فى الثانية) ، وأبقى فيها على تركيز ثانى أكسيد الكربون الطبيعى (٣٠٠ ـ ٣٣٠ جزءًا فى المليون) ، أو زِيد تركيزه بدرجةٍ كبيرةٍ (١٤٠٠ ـ ١٥٠٠ جزءً فى المليون).. حُصِلَ على النتائج التالية (Carmi ١٩٩٣) :

الصفة المقيسة	٥٠ ٪ تظليل و Co_2 عادى	٥٠ ٪ تظليل و Co_2 عالٍ	إضاءة عادية و Co_2 عادى	إضاءة عادية و Co_2 عالٍ
معدل البناء الضوئى للورقة فى وسط النهار (Co_2 / م٢ فى الثانية)	٥,٩	٩,٦	١٠,٧	١٥,٢
تراكم المادة الجافة فى النموات الهوائية خلال ١٤٥ يومًا (جم)	٣٩٨	٢٣٥	٥٨٠	٣٤٧
المحصول المبكر : محصول العناقيد السبعة الأولى (كجم / نبات)	٥,٧	٣,٢	٦,٨	٤,٦

وقد درس Behboudian & Tod (١٩٩٥) تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون قبل الحصاد على نوعية الثمار وخصائصها الفسيولوجية بعد الحصاد ، ووجدا أنها أحدثت تغيراتٍ مرغوبةً تمثلت فى بطء نضج الثمار ، ونقص معدل تنفسها ومعدل إنتاجها من الإيثيلين ، وزيادة محتواها من السكروز ، والجلوكوز ، والفراكتوز ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية ، والنيتروجين، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، ولكن محتواها من الكبريت ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم كان أقل مما فى الثمار التى تعرضت للتركيز الطبيعى من الغاز قبل الحصاد .

وتوضح دراسات Longuensse (١٩٩٠) عدم وجود فرق فى التأثير على الطماطم بين التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون النقى بتركيز ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون

لمدة ٦ ساعاتٍ يوميا ، وبين الزيادة فى تركيز الغاز التى تحدث نتيجة إطلاق عوادم المحروقات المستعملة للتدفئة ، والتى يترتب عليها زيادة تركيز الغاز إلى نحو ٢٥٠٠ جزءٍ فى المليون لمدة ٢ ـ ٣ ساعات فى الصباح الباكر .

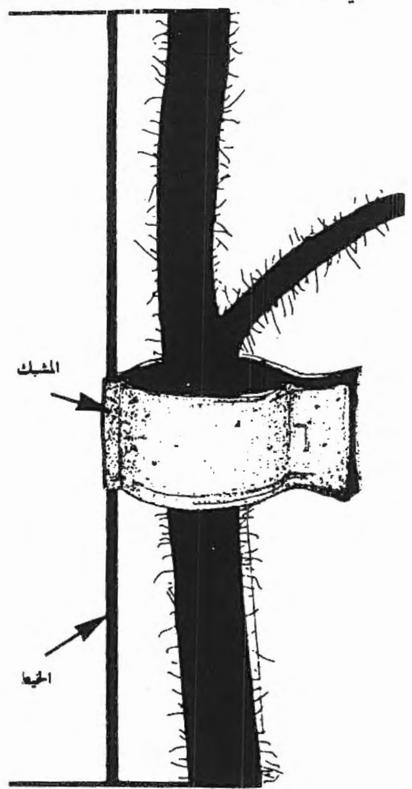
تربية وتقليم النباتات

يمكن أن يصل طول نبات الطماطم فى الزراعات المحمية إلى ١٠ أمتار أو أكثر خلال فصل النمو ، إلا أن المترين أو الثلاثة أمتار العلوية فقط من النبات هى التى تحمل أوراقًا وأزهارًا وثمارًا ، كما تجرى معظم العمليات الزراعية على هذا الجزء . لذا . . يجب أن يكون وضعه فى متناول اليد . وتعرف عملية توجيه النبات لكى يصبح الجزء العلوى منه دائمًا فى متناول اليد باسم التربية Training .

تُربط نباتات الطماطم وهى صغيرة فى خيوطٍ تتدلى من الأسلاك الأفقية التى تمتد أعلى خطوط الزراعة ، وقد يستبدل بذلك بربط الخيوط المدلاة هذه مع خيوطٍ أخرى أفقيةٍ تمتد على سطح التربة بطول خط الزراعة أو بربطها فى قطعٍ سلكيةٍ قصيرةٍ تغرس فى التربة بالقرب من النباتات . وفى كل الحالات يربى النبات رأسيا على ساقٍ واحدةٍ بتوجيهه على الخيط على فتراتٍ متقاربةٍ ، على أن يكون ذلك فى اتجاهٍ واحدٍ ؛ حتى لا يحدث ارتخاء لساق النباتِ فى مرحلةٍ متقدمةٍ من النمو عندما يزيد حملُ الثمار .

ويفضل ربط النباتات إلى الخيط فى ٣ ـ ٤ مواضع على امتداد الساق باستعمال مشابك خاصة ، مع جعلها تحت أعناق الأوراق مباشرة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط (شكل ٩ ـ ٧) . هذا . . ويراعى عدم وضع هذه المشابك أسفل العناقيد الزهرية ؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى كسر العنقود تحت ثقل الثمار عند نضجها .

ومن الضرورى إزالة جميع الأفرع الجانبية التى تنمو فى آباط الأوراق فى المراحل المبكرة من نموها ؛ حتى يمكن تربية النباتات على ساقٍ واحدةٍ . وتعرف هذه العملية باسم « السرطنة » . تُزال هذه الأفرع عندما يصل طولها إلى نحو ٢,٥ سم ؛ حيث يكون من السهل قطعها . ويؤدى تركها لتنمو أكثر من ذلك قبل التخلص

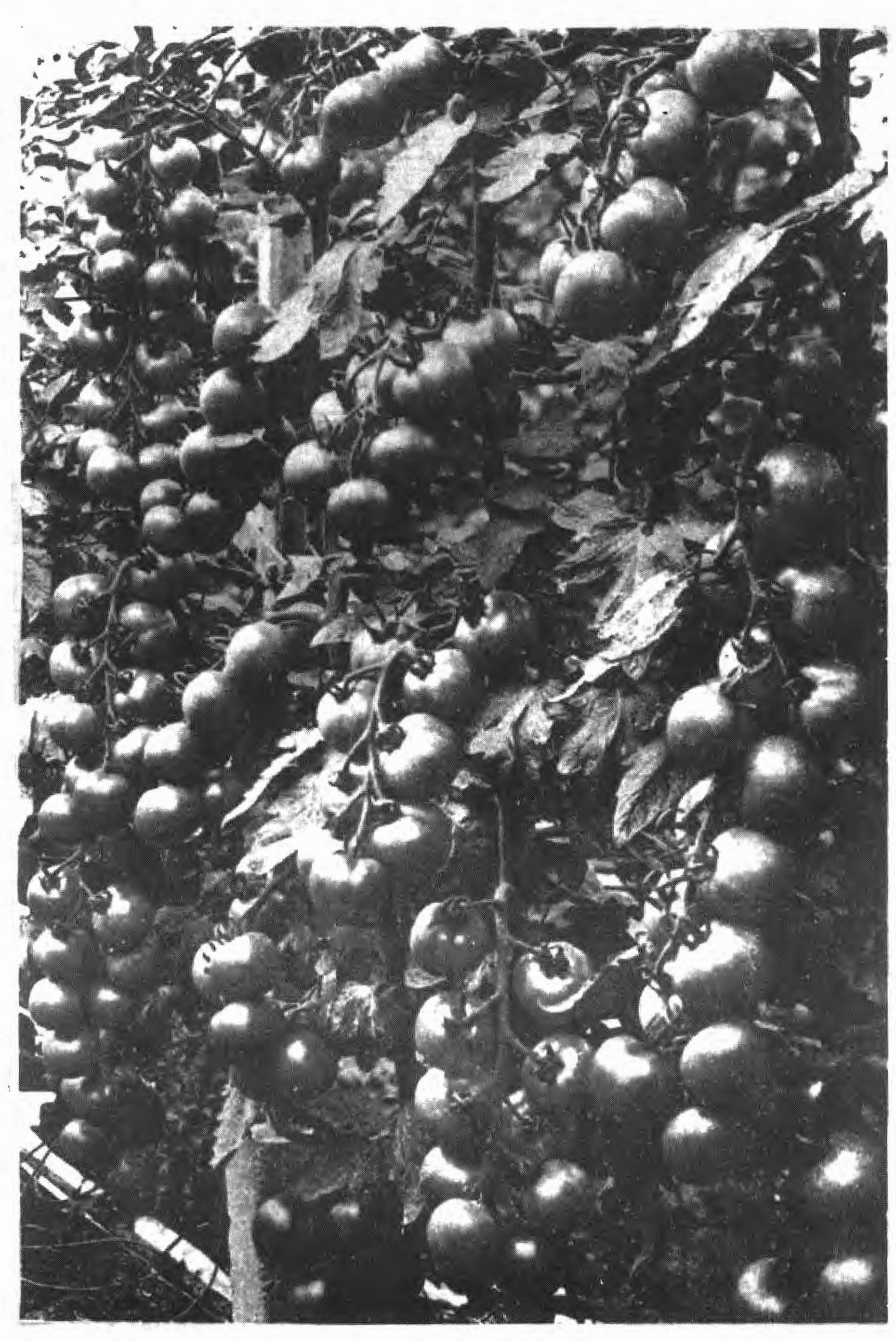


شكل (٩ ـ ٧) : مكان وضع المشابك Clamps أسفل عنق الورقة للعمل على زيادة تثبيت النباتات فى مكانها بالخيوط .

منها إلى إهدار غذاء النبات فيما لا طائل من ورائه ، فضلاً على زيادة المسطحات النباتية المجروحة عند إزالة الأفرع بعد كِبَر حجمها . ويفضل إجراء هذه العملية فى الساعات المبكرة من الصباح فى يومٍ مشمس ؛ لأن ذلك يساعد على سهولة نزع الأفرع الجانبية وجفاف والتئام مكان الجرح بسرعة . وفى حالة وجود إصابة بفيرس موزايك التبغ يفضل وضع الأيدى فى محلول الصابون بعد سرطنة النباتات المصابة؛ لأن هذا الفيرس ينتقل ميكانيكيا بالملامسة.

وفى حالة وجود بعض الجور الغائبة ، فإنه يمكن انتخاب أفرعٍ قويةٍ من نباتات « الجور » المجاورة لتحل محل النباتات الغائبة ، وتربى رأسيا على الخيوط الخاصة بها .

ويستمر توجيه النباتات على الخيوط ؛ حتى تصل إلى السلك العلوى ، ويعرف ذلك بالتربية الرأسية (شكل ٩ ـ ٨) .

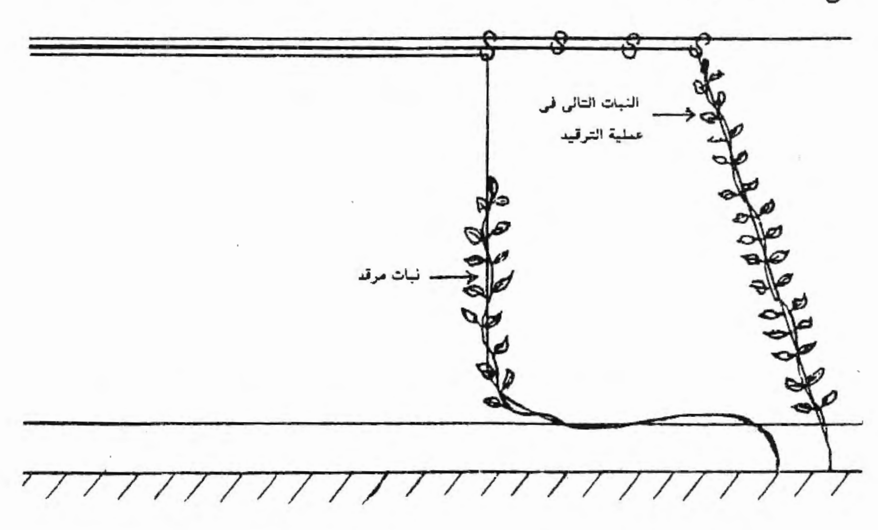


شكل (٩ ـ ٨) : التربية الرأسية لنباتات الطماطم .

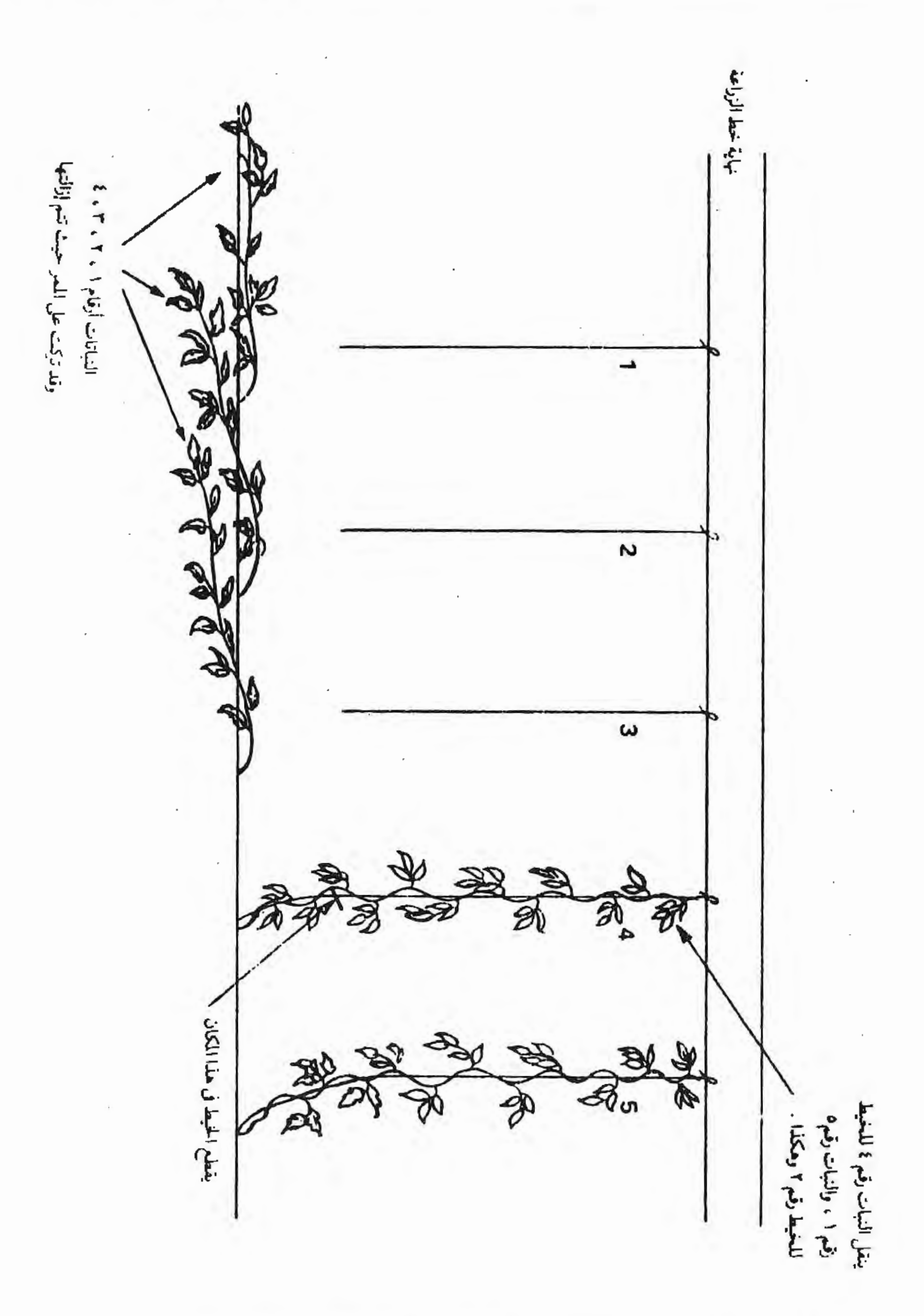
وعلى الرغم من تعدد طرق التربية الرأسية ، فإن أبسطها وأكثرها شيوعًا هو ترك النباتات بعد وصولها إلى السلك العلوى ، دون إجراء أية سرطنةٍ إضافيةٍ . وقد تقطع القمة النامية للنبات بعد ذلك بقليل .

وقد تُربى النباتات بحيث ترتفع القمة النامية عن السلك بنحو ٣٠ سم ، ثم توجه على الخيط المجاور لأسفل ؛ حتى تصل إلى مسافة ٩٠ سم من الأرض ؛ حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانيًا على الخيط الأصلى . وتعرف هذه الطريقة باسم Dutch Back System .

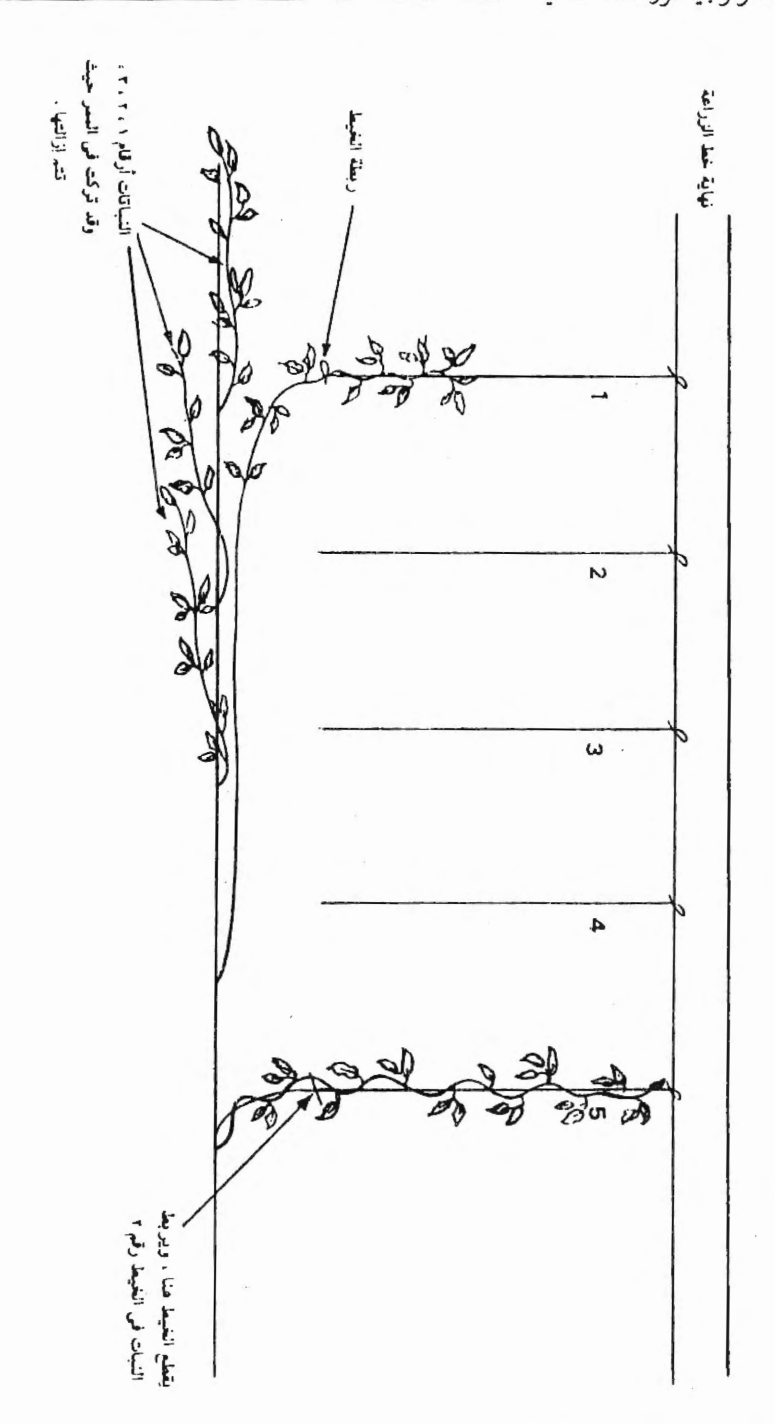
وفى طريقةٍ أخرى للتربية يرخى الخيط عند اقتراب النباتات من السلك العلوى ، ويخفض النباتُ نحو ٣٠ سم . ويكرر ذلك كلما اقتربت القمة النامية من السلك العلوى . ونظرًا لأن الثمار السفلية يكون قد تم جمعها ، والأوراق السفلية تكون قد أُزيلت ؛ لذلك فإنه يمكن دفن الجزء السفلى من الساق فى التربة ، مع الحذر حتى لاتكسر الساق . وإذا حدث وكسرت الساق جزئيا ، فإنه يجب دفنها جيدًا فى التربة لتشجيع تكوين جذور عرضيةٍ ، مع ضرورة رى التربة جيدًا فى تلك المنطقة . هذا . . ويجب أن يبقى دائمًا نحو ١٢٠ سم من النمو الخضرى والعناقيد الزهرية فى الجزء العلوى من النبات (عن Resh ١٩٨١) . وتعرف هذه الطريقة للتربية باسم طريقة الترقيد Layering method . وتوجد منها عدة نظم ؛ منها الـ Hook Lay-ering(شكل ٩ ـ ٩) ، والـ Sorenson method(شكلا ٩ ـ ١٠ ، ٩ ـ ١١) (عن Fuller ١٩٧٣) .



شكل (٩ ـ ٩) : تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة الـ Hook layering .



شكل (٩ ـ ١٠) : تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson .



شكل (٩ ـ ١١) : تابع تربية نباتات الطماطم بعد أن تصل إلى السلك بطريقة Sorenson .

وقد استحدثت فى اليابان طريقة جديدة لتربية وتقليم الطماطم تتلخص فى تكرار إزالة القمة النامية للنبات . تُزال القمة النامية لأول مرةٍ بعد تكوين ورقتين أعلى العنقود الزهرى الثانى . يؤدى ذلك إلى نمو فرعٍ جانبيٍّ من البرعم الموجود فى إبط الورقة التى تقع أسفل العنقود الأول مباشرةً . يوجه هذا الفرع الجديد على الخيط ، ثم تُزال قمته النامية بالطريقة السابقة نفسها . . . وهكذا .

يؤدى هذا النظام فى تربية وتقليم النباتات إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٣ ٪ ـ ٤٩ ٪ ، مقارنةً بالنظام العادى الذى تُزال فيه جميع الفروع الجانبية . وتكون النباتات المرباة بهذا الطريقة أقوى نموا وأغزر إنتاجًا (عن Kanahama ١٩٩٤) .

هذا . . ولزيادة عدد الفروع / نبات عيوبها ومزاياها ، وعيوبها أكثر من مزاياها، ويفضل عدم اللجوء إلى هذا الإجراء إلا عند غياب الجور المجاورة ، أو عندما تكون الكثافة النباتية منخفضةً أصلاً . فقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أن تربية فروعٍ إضافيةٍ (إلى جانب الساق الرئيسية للنبات) أدت إلى نقص المحصول المبكر الصالح للتسويق ، على الرغم من أنها أدت إلى زيادة عدد الثمار المنتجة / م٢ ، وزيادة المحصول الكلى الصالح للتسويق . ولكن لم تحدث الزيادة الأخيرة إلا عندما كانت الكثافة النباتية منخفضةً (٢,٠٤ نباتًا / م٢ ، مقارنةً بالكثافة العالية : ٣,٠٦ نبات / م٢) . وبصورةٍ عامةٍ . . فإن تربية فروعٍ جانبيةٍ إضافيةٍ أدت إلى نقص متوسط وزن الثمرة ، ونقص نسبة محصول الثمار الكبيرة الحجم المطلوبة ، ولكن مع ازدياد تجانس حجم الثمار خلال موسم الحصاد فى حالة الكثافة النباتية المنخفضة .

ومع قرب انتهاء موسم الحصاد يفضل ترك بعض الفروع الجانبية عند مستوى السلك حامل المحصول ؛ لأجل تظليل العناقيد العلوية وحمايتها من الإصابة بلفحة الشمس .

إزالة الأوراق السفلية وقطع القمة النامية

تتم إزالة الأوراق السفلية لنبات الطماطم بطريقةٍ روتينيةٍ فى الزراعات المحمية من

أجل تقليل احتمالات الإصابة بالأمراض (عن طريق تحسين التهوية بزيادة حركة الهواء حول قاعدة النباتات) ، وتبكير نضج الثمار ، وتسهيل عملية الحصاد بكشف العناقيد الثمرية . تتم إزالة الأوراق حتى مستوى العنقود الذى أوشكت ثماره على النضج ؛ ويعنى ذلك أن بعض الأوراق تتم إزالتها قبل أن تظهر عليها أعراض الشيخوخة Senescence بوضوح .

ومع أن الأوراق السفلية لا يصل إليها القدر الكافى من الإضاءة لجعلها مفيدةً للنبات (من خلال عملية البناء الضوئى) أكثر من كونها عالةً عليه (من خلال استهلاكها للغذاء بالتنفس) ، إلاّ أن لإزالة الأوراق أكثر مما يجب تأثيراتها السلبية على النبات ، فهى تؤخر الإزهار ، وتقلل المحصول المبكر والكلى ؛ لذا لا ينبغى أن تزال الأوراق لأكثر من مستوى العنقود الحامل لثمارٍ ناضجة .

وعمومًا . . فإن المستوى يتحدد بكثافة الزراعة ، وبمدى النقص فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت ؛ فتكون إزالة الأوراق أكثر فاعليةً عند زيادة كثافة الزراعة ؛ حيث تقل شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق السفلية ، وعندما ينخفض تركيز ثانى أكسيد الكربون ؛ وهو الأمر الذى يحدث عندما تظل البيوت مغلقةً لفترةٍ طويلةٍ أثناء النهار بسبب انخفاض درجة الحرارة فى الجو الخارجى (Slack ١٩٨٦) ، وكذلك عند الرغبة فى زراعة عروةٍ جديدةٍ ـ بين النباتات النامية ـ لكى تتوفر الإضاءة للشتلات الجديدة .

وينتج نبات الطماطم ـ عادةً ـ بين ٦ و ٨ أوراقٍ قبل العنقود الزهرى الأول ، وكلما قل العدد (لأسباب وراثيةٍ أو بيئيةٍ) كان النبات أكثر تبكيرًا فى الأهار . ويتأثر عدد الأوراق المتكونة قبل العنقود الزهرى الأول بعديدٍ من العوامل البيئية (Dielemsn & Heuvelink ١٩٩٢) .

تُزال الأوراق بثنيها ـ من قاعدتها ـ سريعًا إلى أعلى ، ثم تُرش النباتات بأحد المبيدات الفطرية المناسبة لأجل وقايتها من الإصابة بالفطر Botrytis cinerae ،

الذى ينتشر بكثرةٍ فى وجود الجروح التى تنشأ عن إزالة الأوراق . ويتم التخلص من الأوراق المزالة خارج البيت ؛ حتى لا تكون مصدرًا لانتشار الأمراض .

وتقطع القمة النامية للنباتات قبل الموعد المتوقع لإِزالتها بشهرين . وتراعى خلال هذه الفترة إزالة الفروع الكثيرة النامية فى قمة النبات ، كما تجذب جذور النباتات قبل إزالتها بعدة أيام ، ويوقف ضخ الماء والمحاليل المغذية ، وتترك النباتات على الخيط حتى تفقد جزءًا كبيرًا من رطوبتها ، فيقل الجهد اللازم للتخلص منها .

تحسين عقد الثمار

يقل أحيانًا عقد ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية بسبب عدم توفر الرياح التى تحدث اهتزازات فى النباتات ، وتساعد على انتقال حبوب اللقاح من الأنبوبة السدائية لميسم الزهرة ، وتزداد حدة هذه الحالة عند انخفاض شدة الإِضاءة ، مع انخفاض درجة الحرارة كما فى المناطق الباردة شتاءً ؛ حيث يقل إنتاج حبوب اللقاح ، وتصبح متكتلةً ، كما تميل مياسم الأزهار إلى البروز من الأنبوبة السدائية ، وجميعها عوامل تقلل من فرصة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار لإِحداث العقد .

وتعالج هذه الحالة باتباع الوسائل التالية .

١ ـ رش النباتات مرتين يوميا برذاذٍ من الماء لإِحداث اهتزازاتٍ بها .

٢ ـ هز الأسلاك التى تربى عليها النباتات مرتين يوميا . ولا تفيد أى من هاتين الطريقتين ، إلاّ إذا كانت الإِضاءة جيدة ، ودرجة الحرارة مناسبة للنمو النباتى (Wittwer & Honma ١٩٧٩) .

٣ ـ إحداث اهتزازاتٍ سريعة بالعناقيد الزهرية باستخدام آلةٍ يدويةٍ صغيرةٍ تعمل بالبطارية ، وتعرف باسم Mechanical Vibrator أو Electric Bee ، ويكفى مجرد لمس ذراع الآلة الهزازة لقاعدة العنقود الزهرى لإحداث التأثير المطلوب ، وتفيد هذه الطريقة فى المناطق والأوقات التى تنخفض فيها شدة الإِضاءة . وتزداد الحاجة إليها فى الجو البارد وفى الرطوبة العالية ؛ حيث تكون حبوب اللقاح المنتجة قليلة العدد ولزجةً وملتصقةً بعضها ببعض .

وللحصول على أفضل النتائج يفضل إجراء عملية الاهتزاز هذه بين الحادية عشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر عندما تكون الأزهار جاهزةً للتلقيح . وتعرف هذه المرحلة بانحناء البتلات للخلف . وتكرر هذه العملية مرةً كل يومين ، طالما وجدت أزهار غير عاقدة بالعنقود .

هذا . . وتجدر الإشارة إلى أن حبوب اللقاح تكون فى أفضل حالتها للتلقيح عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠ ٪ . وفى درجات الرطوبة الأكثر من ذلك فإنها تكون مبتلةً ولزجةً ؛ فتقل فرصة التلقيح الجيد ، بينما تجف حبوب اللقاح فى درجات الرطوبة الأقل من ذلك . ويتراوح المدى الرطوبى المناسب بين ٥٠ ٪ ، ٩٠ ٪ .

ويذكر Ilbi & Boztok (١٩٩٤) أن استعمال الهزاز فى التاسعة صباحًا مرتين أسبوعيًا لمدة ثانيةٍ واحدةٍ ، أو ثلاث ثوان ، أو خمس ثوان أحدث - فى المتوسط - ٧٥ ٪ زيادةً فى المحصول دون وجود فرقٍ جوهريٍّ فى المحصول بين فترات المعاملة .

٤ - رش الأزهار بأحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو التى تساعد على تحسين العقد (مثل التوماتين) . تجرى المعاملة بمعدل مرتين أسبوعيا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة ، مع مراعاة عدم رش الأوراق بمحلول منظم النمو حتى لا تتشوه . وتبدأ المعاملة بعد تفتح ٣ - ٤ أزهار بالعنقود الزهرى .

ومن أكثر المنظمات استعمالاً لهذا الغرض ما يلى (عن Weaver ١٩٧٢) :

منظم النمو	التركيز المناسب (جزء فى المليون)
Para- chlorophenoxyacetic acid (4-CPA)	١٥
β-naphthoxyacetic acid (βNOA)	٥٠
α-ortho -chloropropionic acid	٤٠

وفى الدول الشمالية التى تُنتج فيها الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً ، فإن النباتات لا تتعرض لانخفاض درجة الحرارة فقط ، بل لضعفٍ شديدٍ فى شدة الإضاءة كذلك . ومع استمرار انخفاض شدة الإضاءة يضطر المزارعون إلى إبقاء

الحرارة منخفضةً نسبيا ؛ حتى لايكون النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا . وفى هذه الظروف .. يكون النقص فى المواد الكربوهيدراتية المجهزة من أكثر العوامل تأثيراً على الإزهار ، والعقد ، ونمو الثمار ؛ حيث يتحسن ذلك كله عند أية زيادةٍ فى شدة الإضاءة ، ولن تجدى المعاملة بمنظمات النمو فى تحسن العقد مع استمرار انخفاض شدة الإضاءة .

وفى محاولةٍ لدراسة جدوى المعاملة بمنظمات النمو تحت هذه الظروف ، قام Pichen & Grimmett (١٩٨٦) بمعامله العناقيد الزهرية لصنفى الطماطم ماراثون Marathon ، وسوناتين Sonatine بمنظمى النمو : بيتا نفثوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى بيتابال Betapal) وباراكلوروفينوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى توماتوتون Tomatotone) . وقد وجدا أن البيتابال حسّن العقد فى درجة حرارة ليل ١٦ ° م ، بينما أدت المعاملة بالتوماتوتون إلى تحسين العقد فى درجة حرارة ليل ١٣° م ، إلا أن الزيادة فى المحصول فى كلتا الحالتين كانت قليلةً ، وتشوهت نسبة عالية من الثمار ، كانت غير منتظمة الشكل ؛ مما شكك فى الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المعاملات فى ظروفٍ كهذه الظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة .

ويوصى Varayos وآخرون (١٩٩٢) باستعمال منظم النمو 4-CPA لتحسين عقد الثمار فى حالات عقم حبوب اللقاح ، واللجوء إلى الهزاز الكهربائى لمعاملة النباتات الخصبة .

٥ ـ استخدام النحل فى التلقيح :

قارن Banda & Paxton (١٩٩١) عدة معاملاتٍ لأجل تحسين العقد فى صنف الطماطم كيلوباترا Cleopatra فى الزراعات المحمية الصيفية فى المملكة المتحدة . وقد ازداد كل من : نسبة عقد الثمار ، وحجم الثمرة ، ووزن الثمرة ، وعدد البذور / ثمرة ـ فى مختلف معاملات التلقيح ـ كما يلى : معاملة الشاهد < نحل العسل منفرداً< الهزاز < نحل العسل + الهزاز < النحل الطّنان منفرداً Bumble Bees (Bombus spp.) < النحل الطنان + الهزاز .

وقد بدأ الاتجاه نحو استعمال النحل بنوعيه فى تلقيح الطماطم بعد زيادة الاعتماد على وسائل المكافحة الحيوية فى زراعات الطماطم المحمية .

ويعترض Cribb وآخرون (١٩٩٣) على استعمال النحل الطنّان Bombus terrestris فى تلقيح الطماطم لعدة أسبابٍ ؛ منها : صعوبة إدامة خلاياه على مدار العام ، وقلة أعداد الشغّالات فيها ـ الأمر الذى يستلزم توفير عدة خلايا منه لتأمين التلقيح اللازم للطماطم بالكفاءة المطلوبة ـ وحمل هذا النحل للأكاروس المتطفل Varroa Jacobsoni ، الذى يعمل ـ بدوره ـ كعائلٍ لفيرس الجناح المشوه deformed wing virus ، الذى تؤدى الإصابة به إلى موت نحل العسل Apis mellifera . وبالمقارنة . . فإن نحل العسل يخلو تمامًا من جميع هذه العيوب ، فى الوقت الذى يقوم فيه بزيارة أزهار الطماطم والمساعدة على تلقيحها بشكلٍ جيد ، كما يؤدى إلى زيادة المحصول وتحسين نوعية الثمار .

خف الثمار

ليس من المعتاد خف عناقيد ثمار الطماطم ، ولكن زيادة الطلب على الثمار الأكبر حجمًا (فى المملكة المتحدة يزيد الطلب على الثمار التى يتراوح قطرها بين ٤٧ و ٥٧ ملليمترا) يجعل من المفيد أحيانًا خف بعض الثمار من العناقيد لزيادة حجم الثمار المتبقية فيها . وقد وجد Cockshull & Ho (١٩٩٥) أنه بإزالة الثمار الطرفية من العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى ، بواقع ٣٠ ٪ من الثمار المتوفرة فى كل عنقودٍ منها ، ازداد متوسط وزن الثمار المتبقية ، بينما قل محصول الثمار الصغيرة جوهريًا . وعلى الرغم من أن المحصول الكلى لهذه العناقيد الثمرية الثلاثة الأولى انخفض بمقدار ١٦ ٪ ، إلا أن محصول العناقيد التالية لها ازداد إلى درجةٍ عوضت هذا النقص .

ويكون خف الثمار فى المراحل المبكرة جدا من نموها ، ويفضل إجراء ذلك وهى فى حجم بذرة البسلة تقريبًا . كذلك تجب إزالة الثمار التى تتوقف عن النمو لأى سببٍ كان ، والثمار التى تظهر عليها إصابات مرضية أو حشرية واضحة ، أو عيوبٌ فسيولوجية تحط من صلاحيتها للتسويق ، وكذلك الثمار المشوهة . وأفضل

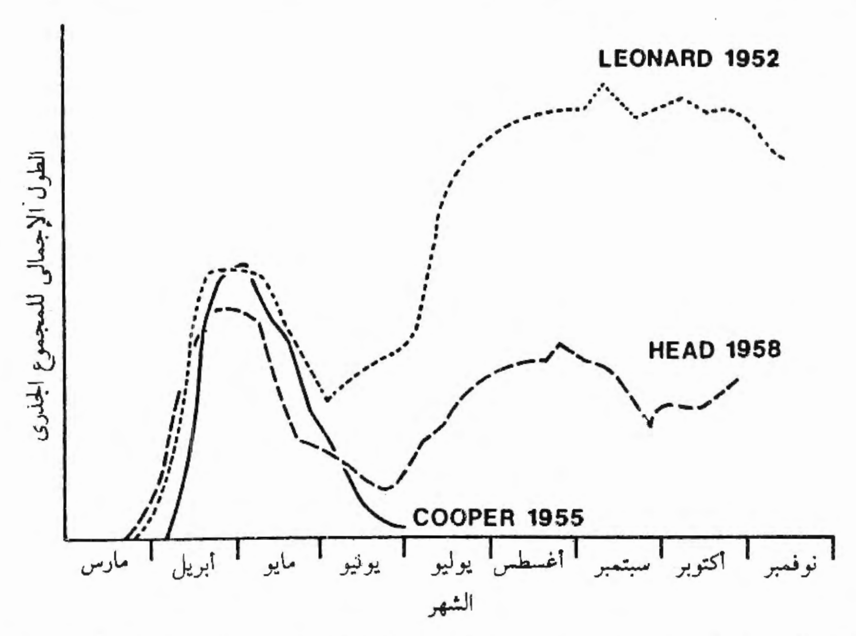
وقتٍ للتخلص من جميع هذه الثمار هو بمجرد ملاحظتها ؛ لتوفير حصتها من الغذاء المجهز لغيرها من الثمار التى تصلح للتسويق .

الموت الجزئى لجذور النباتات

تتعرض جذور النباتات غير المحدودة النمو - مثل الطماطم - إلى موتٍ جزئىٍّ عندما تكون النباتات فى أوج نموها ، فى بداية فترة حملها الغزيز . ويحدث ذلك - خاصةً - فى الأيام الصحوة بعد فترةٍ من الجو الملبد بالغيوم ؛ حيث تظهر على النباتات أعراض ذبولٍ جزئىٍّ بعد الظهيرة . ويقف المنتج - الذى يرى نباتاته تذبل أمام عينيه قبل أن يحصد منها شيئًا يذكر - حائرًا أمام هذه الظاهرة .

وفى مزارع تقنية الغشاء المغذى يمكن رؤية الموت الجزئى للجذور بسهولةٍ ، ولكن هذه الظاهرة ليست مقصورة - بأية حال - على مزارع تقنية الغشاء المغذى ، وإنما هى تحدث فى جميع أنواع المزارع اللاأرضية التى يكون النمو الجذرى فيها مقصورًا على حيزٍ محدودٍ ، كما فى مزارع أكياس البيت ، ومزارع الصوف الصخرى . كذلك يحدث هذا الموت الجزئى للجذور - فى هذه المرحلة من النمو النباتى - فى المزارع الحقلية أيضًا ، ولكن لا يشاهد فيها الذبول الجزئى ؛ نظراً لتشعب المجموع الجذرى وانتشاره فى التربة .

وتموت الجذور فى هذه المرحلة من النمو ؛ نظرًا لقوة النمو الخضرى ، وكثرة حملة الثمار التى تجذب إليها القدر الأكبر من الغذاء المجهز على حساب الجذور التى تضعف ويموت بعضها ، كما لا تتكون جذور جديدة نتيجةً لذلك . ولكن المشاهد أن النباتات لا تلبث أن تتغلب على هذه الظاهرة ؛ حيث لا يتوقف فقط موت الجذور ، وإنما تتكون جذور جديدة ، ويزداد النمو الجذرى - مع تقدم موسم النمو - إلى أكثر مما كان عليه قبل بداية موت الجذور (شكل ٩ - ١٢ ، عن Cooper ١٩٧٩) .



شكل (٩ ـ ١٢) : منحنى النمو الجذرى للطماطم النامية تحت ظروف الحقل على امتداد موسم النمو (فى المملكة المتحدة) .

الحصاد والمحصول

تُحصد ثمار الطماطم فى جميع الزراعات المحمية ـ حاليًا ـ يدويا ، ولكن يحاول العلماء تطوير إنسانٍ آليّ متحركٍ لكى يقوم بحصاد الثمار آليا وهى فى مرحلة التلوين المناسبة للحصاد . وقد توصل العلماء الفرنسيون إلى تحقيق هذا الهدف بنسبة نجاحٍ بلغت ٦٠ ٪ فى قطف الثمار الصالحة للحصاد (Balerin وآخرون ١٩٩١) .

ويتراوح متوسط محصول الطماطم فى الزراعات المحمية ـ فى مختلف الدول العربية ـ بين ٨ و ٢٠ كجم / م٢ ، بمتوسطٍ عامّ قدره ١٣,٣ كجم / م٢ . ويبلغ متوسط الإنتاج فى مصر ٩,٥ كجم / م٢ (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ـ جامعة الدول العربية ١٩٩٥) . هذا إلا أن الإنتاج المتميز يمكن أن يصل إلى ٢٠ كجم / م٢ فى الزراعات الأرضية العادية (حوالى ١١ طنا لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠م٢) ، وإلى ٣٠ كجم / م٢ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (حوالى ١٦ طنا لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢) .

الأمراض والآفات ومكافحتها

نقصر مناقشتنا فى هذا الجزء على أبرز الأمور المتعلقة بأمراض وآفات الطماطم ومكافحتها . ويمكن لمن يرغب فى الاطلاع على مزيدٍ من التفاصيل الرجوع إلى كتاب « الطماطم » (حسن ١٩٨٨ أ) .

وقبل الخوض فى هذا الموضوع لابد من الإشارة إلى أن مربىِّ النبات لا يدخرون وسعًا لإنتاج أصنافٍ جديدةٍ مقاومةٍ للأمراض (Fletcher ١٩٩٢) ، وعلى منتج الخضر أن يولِى هذا الأمر عنايةً فائقةً ؛ فيختار للزراعة الأصناف المقاومة للأمراض الهامة فى منطقته .

وتتوفر ـ حاليًا ـ أصناف من الطماطم ـ خاصة بالزراعات المحمية ـ مقاومة للأمراض التالية :

الذبول الفيوزارى بسلالتيه الأولى والثانية .

ذبول فيرتسيلليم .

تقرح قاعدة الساق الرايزكتونى .

تبقع الأوراق الرمادى (Stemphylium solani) .

تلطخ الأوراق (Cladosporium fulvum)

نيماتودا تعقد الجذور

فيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم

فيرس موزايك التبغ (أوموزايك الطماطم)

كما يجرى العمل على قدمٍ وساقٍ لإنتاج طماطمٍ جديدةٍ مقاومةٍ لكلٍّ من : الذبابة البيضاء ، ودودة ثمار الطماطم ، والعنكبوت الأحمر .

الأمراض

تصاب الطماطم فى الزراعات المحمية بالأمراض نفسها التى تصيب الزراعات المكشوفة ، إلاّ أن الظروف البيئية الخاصة للصوبات ، ونظم الزراعة بها ، وعمليات

الخدمة المتبعة فيها ، تزيد من فرصة الإصابة ببعض الأمراض . ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١ ـ تتميز بيئة البيوت المحمية بارتفاع الرطوبة النسبية ، وانخفاض شدة الإضاءة مع سوء التهوية (شتاءً) ، وتلك ظروف تساعد على انتشار الإصابة بأمراض تعفن الأوراق الرمادى ، وتبقع الأوراق ، والندوة المتأخرة ، والبياض الدقيقى .

٢ ـ يؤدى استمرار زراعة المحصول ـ مع عدم إجراء عملية تعقيم التربة بصورةٍ جيدةٍ ـ إلى زيادة الإصابة بالذبول الفيوزارى ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وتزداد الإصابة فى الجو البارد بأمراض الجذر الفلينى ، وعفن الجذور (فيتوفثورا) ، وذبول فيرتسيلليم .

٣ ـ تؤدى كثرة تداول النباتات أثناء الزراعة ، والتربية ، والتقليم ، وعمليات الخدمة الأخرى إلى زيادة الإصابة بأمراض عفن الساق (دايدميللا) ، والعفن التاجى (فيوزاريم) ، والتقرح البكتيرى ، وفيرس موزايك التبغ (Watterson ١٩٨٦) .

ومن أهم أمراض الطماطم ووسائل مكافحتها ما يلى :

١ ـ الذبول الطرى أو سقوط البادرات

يسبب هذا المرض عدد من الفطريات التى تعيش فى التربة ، مثل الـ Pythium spp. ، والـ Rhizoctonia spp. ، والـ Fusarium spp. وغيرها . وتظهر آثار الإصابة بانخفاض نسبة الإنبات ، أو ذبول البادرات وسقوطها على سطح التربة وهى صغيرة بعد ظهور اختناق فى قاعدتها .

وللوقاية من هذا المرض يتعين مراعاة ما يلى :

أ ـ معاملة البذور قبل الزراعة بأحد المبيدات الفطرية المناسبة (إن لم تكن قد سبقت معاملتها) ؛ مثل البنليت والثيرام بمعدل ١,٥ جم من المبيد لكل كيلو جرام من البذرة .

ب ـ تعقيم خلطة الزراعة أو إضافة البنليت أو الفيتافاكس إلى البيت موس المستخدم فى الزراعة بمعدل ٣ جرامات من المبيد لكل كيلو جرامٍ واحدٍ من البيت موس المستخدم .

جـ ـ رش سطح المشتل عقب الزراعة ، ثم أسبوعيا بعد ذلك ـ لمــدة ثلاثة أسابيع - بأحد المبيدات المناسبة .

د ـ مراعاة كافة الأمور التى أسلفنا بياتها تحت موضوع إنتاج الشتلات ، والمتعلقة بالوقاية من هذا المرض ؛ وهى : عدم الإفراط فى رى المشاتل ، وتجنب الزراعة الكثيفة ، وتهوية المشاتل بصورةٍ جيدة .

٢ ـ عفن قاعدة الساق (جذع النبات) :

يسبب هذا المرضَ عدد من الفطريات التى تُحدث أيضًا مرض الذبول الطرى ؛ منها ما يلى :

أ ـ الفطران Pythium ، و Alternaria solani :

تظهر أعراض الإصابة على شكل تقرحاتٍ وعفنٍ بساق النبات عند سطح التربة . وفى الحالات الشديدة يذبل النبات ويموت .

ب ـ الفطر Phytophthora nicotianae :

يسبب مرض عفن القدم Foot Rot . تظهر أعراض الإصابة على صورة بقعٍ سوداء ضاربةٍ إلى الخضرة ، يجفُّ فيها النخاع ويكتسب لوناً بنيًا .

جـ ـ الفطر Rhizoctonia solani :

تصبح قاعدة ساق النبات المصاب بنية اللون ، وتجف عند سطح التربة ، بينما يظل النخاع أخضر اللون .

د ـ الفطر Didymella lycopersici

يسبب هذا الفطر مرض التقرح Canker أو العفن القاعدى Basal Rot . تبدو أعراض الإصابة على صورة بقعٍ متحللةٍ غائرةٍ ذات لونٍ أسود ضاربٍ إلى البنى عند قاعدة النبات ، تظهر فيها كريات صغيرة سوداء هى جراثيم الفطر .

وللوقاية من هذه الأعفان يلزم تعقيم التربة ، ومعاملة البذور بالمبيدات المستعملة فى مكافحة الذبول الطرى ، وعدم شتل النباتات المصابة ، وغمر الشتلات قبل زراعتها فى محلول لأحد المبيدات المناسبة ؛ مثل : البنليت ، والإبروديون iprodion والكاربولنيم (لفطر Didymella) ، وتجنب تجريح قاعدة ساق النبات عند الشتل، وتحفيز النمو السريع ، ومحاولة الإبقاء على سطح التربة جافا عند قاعدة الساق ، مع إزالة النباتات المصابة بعناية .

٣ ـ العفن الأبيض أو عفن إسكليروتينا ، أو مرض تكسر الساق (White Mold):

يسبب هذا المرض الفطر Sclerotinia sclerotiorum ، وينتشر فى البيوت المحمية ؛ نظراً لتوفر الرطوبة العالية مع كثرة مياه الرى . تبدأ الإصابة على ساق النبات قرب سطح التربة على شكل بقعٍ غائرةٍ ، ثم تتحول إلى بيضاء مصفرةٍ ، ثم تمتد الإصابة إلى أعلى الساق ، مع ظهور الأجسام الحجرية السوداء للفطر فى المناطق المصابة من الساق . وفى النهاية يقضى الفطر على النبات .

وللوقاية من المرض لابد من الاهتمام بتعقيم التربة ، وبالتهوية الجيدة ، مع عدم الإكثار من الرى ، ومعاملة قاعدة الساق بأحد المبيدات الفطرية المناسبة ؛ مثل : البينوميل ، والإبروديون .

٤ ـ الجذر الفلينى

يسبب مرض الجذر الفلينى Corky Root . الفطر Pyrenochaeta lycopersici. تبدو جذور النباتات المصابة فلينية وبنية اللون . ويكافح المرض بتعقيم التربة وزراعة الأصناف المقاومة .

٥ ـ فطر البوتريتس :

تُحدث الإصابة بفطر Botrytis cinerea عفنًا بالساق عند مستوى الورقتين الفلقيتين . تكتسب المنطقة المصابة لونًا بنيا فاتحًا ، ثم يعقب ذلك ظهور هيفات الفطر ذات اللون الرمادى الضارب إلى البنى .

يكافح المرض بتقسية الشتلات جيدًا قبل زراعتها ، ومعاملة الأجزاء المصابة من ساق النبات بعجينة الثيرام .

٦ ـ الذبول الفيوزارى :

يسبب هذا المرض الفطر Fusarium oxysporum f. sp.lycopersici ، وهو فطر يعيش فى التربة ، ويصيب النباتات عن طريق الجذور ، وينمو فى الأوعية الخشبية للنباتات ، مفرزًا بعض المواد السامة التى تؤدى إلى اصفرار الأوراق ، وموتها تدريجيا . كما يؤدى النمو الفطرى فى الأوعية الخشبية التى ينتقل فيها الماء إلى ذبول الأوراق ، خاصة فى الجو الحار . ويناسب انتشار المرض درجات الحرارة المرتفعة .

وأفضل طريقةٍ لمكافحة المرض هى بزراعة الأصناف المقاومة ، علمًا بأن الغالبية العظمى من أصناف الطماطم المنتشرة فى الزراعة تعد مقاومةً لهذا المرض .

٧ ـ ذبول فيرتسيلليم :

يسبب هذا المرض الفطر Verticillium albo-atrum وهو كفطر الفيوزاريم يعيش فى التربة ويصيب النباتات عن طريق الجذور ، وينمو فى أنسجة الخشب محدثًا اصفرارًا على شكل حرف V يظهر أولاً على الأوراق السفلى للنبات . وينتشر هذا المرض فى الجو البارد ، ويكافح بزراعة الأصناف المقاومة .

٨ ـ تبقع الأوراق الرمادى :

يسبب هذا المرض الفطر Stemphylium solani ، ويزداد انتشاره فى الزراعات المحمية ؛ لأنه يفضل الظروف التى تسودها درجات الحرارة والرطوبة المرتفعة . وتظهر الأعراض على شكل بقعٍ صغيرةٍ مدببة الأركان بقطر ٣ مم على الأوراق الكبيرة . وتؤدى زيادة شدة الإصابة إلى اصفرار الأوراق السفلية وسقوطها .

وللوقاية من الإصابة ترش النباتات أسبوعيا بأحد المبيدات التالية : دياثين م ٤٥ بتركيز ٠,٢٥ ٪ ، أو كوبروزان بتركيز ٠,٢٥ ٪ ، أو تراى ملتوكس بتركيز

٠,٢٥ ٪ ، أو مانكوبر بتركيز ٠,١٥ ٪ ، أو البريمان بتركيز ٠,١٥ ٪ ، أو كومازين بتركيز ٠,٢٥ ٪ . وفى حالة ظهور الإصابة تعامل النباتات بثلاث رشات متتالية كل خمسة أيام ، بدلاً من كل أسبوع (ملحوظة : محلــول رش بتركيز ٠,٢٥٪ (يعنى إضافة ٢٥٠ جم من المبيد لكل ١٠٠ لتر ماء) .

ويكافح المرض بصورة أفضل عند مكافحته - بيولوجيا - بالفطر Trichoderma harzianum بالإضافة إلى استعمال المبيدات (Elad وآخرون ١٩٩٥) .

٩ - العفن الرمادى Grey Mould :

يسبب المرض الفطر Botrytis cinerea . تُغطى النباتات المصابة بنموات الفطر الدقيقية ، وتظهر على الثمار المصابة بقع ، تتكون من دوائر مشتركة فى مراكزها ، التى تظهر فيها بقع سوداء اللون .

يكافـح المرض بإزالـة الأوراق والثمـار المصابة ، مـع الاهتمام بالتهوية ، والتدفئة (إن وجدت) وعدم الإفراط فى الرى ؛ لأجل خفض الرطوبة النسبية .

ويستخدم فى مكافحة المرض المبيدات التى أسلفنا بيانها ، وكذلك الإبروديون ، والبروسيميدون procymidon .

١٠ - تلطخ الأوراق :

يسبب هذا المرض الفطر Cladosporium fulvum. وتظهر الأعراض على شكل بقع صفراء مخضرة على السطح العلوى للورقة ، يقابلها لون بنى قرمزى على السطح السفلى ناتج عن نمو الفطر المسبب للمرض . وعند زيادة الرطوبة الجوية تمتد الإصابة أيضًا إلى السيقان والأزهار .

وللوقاية من المرض يجب الاهتمام بتهوية البيت ، مع تجنب الرى بالرش ، وإزالة الأوراق المصابة والسفلية أولاً بأول . كما تجب زراعة الأصناف المقاومة .

١١ - الندوة المتأخرة :

يسبب هذا المرض الفطر Phytophthora infestans. ويبدأ ظهور الأعراض على

الأوراق السفلى للنبات على شكل بقعٍ بلونٍ أخضر داكن ، مع ظهور أنسجة الورقة المصابة وكأنها مبتلة أو مسلوقة ، ولا تلبث هذه البقع أن تجف وتأخذ لونا بنيا مسودا ، وتظهر على السطح السفلى للأوراق نموات بيضاء فى مواقع الأجزاء المصابة ، كما تظهر بقع طولية مماثلة على السيقان وأعناق الأوراق . وكذلك تظهر البقع على أى موقعٍ بسطح الثمار .

وتنتشر الإصابة عندما تزيد الرطوبة النسبية على ٩٠ ٪ مع درجة حرارة تتراوح بين ١٥ْ م و ٢٥ْ م ، خاصة عند تعاقب ليلٍ رطبٍ باردٍ نوعًا (١٢ْ م) مع نهارٍ رطبٍ دافىءٍ (٢٠ْ ـ ٢٥ْ م) ؛ حيث تتكون الجراثيم تحت هذه الظروف بأعدادٍ كبيرةٍ فى مدةٍ قصيرةٍ ؛ مما يؤدى إلى ظهور المرض بشكلٍ وبائيّ ، ويقضى على النباتات خلال أيامٍ معدودة ؛ بحيث لا يترك وقتًا كافيًا لمقاومته .

وللوقاية من المرض تستعمل المبيدات نفسها المستخدمة فى مكافحة مرض تبقع الأوراق الرمادى ، وبالطريقة نفسها .

١٢ ـ الندوة المبكرة:

يسبب هذا المرض الفطر Alternaria solani. وتظهر الأعراض على شكل بقعٍ صغيرةٍ متناثرةٍ على الأوراق والسيقان والثمار تأخذ شكل دوائر تحيط بعضها ببعض. ينتشر المرض فى الجو الدافىء ، ويكافح بطريقة مكافحة مرض الندوة المتأخرة نفسها.

١٣ ـ البياض الدقيقى :

يسبب مرض البياض الدقيقى فى الطماطم الفطر Oidiopsis taurica (سابقًا Leveillula taurica) . تظهر على أوراق النباتات المصابة بقع صفراء متباينة المساحة ، لا تلبث أن تتحول إلى بقع بنيةٍ متحللةٍ .

ويكافح المرض باستعمال المبيدات الفطرية المناسبة .

١٤ ـ فيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم :

ينتقل هذا الفيرس بواسطة حشرة الذبابة البيضاء ، ويحدث تبرقش واصفرار

والتفاف وتجعد بالأوراق (شكل ٩ ـ ١٣ ، يوجد فى آخر الكتاب) . وهو من أخطر الأمراض التى تصيب الطماطم ، خاصةً عند حدوث إصابةٍ مبكرةٍ . ولا وسيلة لمكافحته إلاّ بالتخلص من الذبابة البيضاء بداية من المشتل ، حتى تمام عقد ونمو ثمار العنقود الأول .

وقد أفاد استعمال الشباك المانعة لدخول الذبابة البيضاء ـ على جميع فتحات البيوت المحمية ـ فى منع الإصابة كليا ـ تقريبًا ـ بالفيرس (Nucifora وآخرون ١٩٩٢) .

كذلك أفاد الجمع بين اللوحات الصفراء الجاذبة للذبابة البيضاء واللاصقة لها (شكل ٩ ـ ١ ، يوجد فى آخر الكتاب) والمبيدات الحشرية (مثل ببروفزين bu-profezin) فى خفض أعداد الذبابة بنسبة تزيد على ٩٠ ٪ (Rui & Zheng ١٩٩٠) .

١٥ ـ فيرس موزايك التبغ (أوموزايك الطماطم) :

يعد فيرس موزايك التبغ من الفيروسات التى يزداد انتشارها فى الزراعات المحمية ، عنه فى الحقول المكشوفة ؛ لأنه ينتقل ميكانيكيا باللمس فى الوقت الذى تحتاج فيه عمليات التربية والتقليم إلى الإمساك بالنباتات عدة مراتٍ خلال الموسم الواحد ؛ وبذلك تنتقل الإصابة بسهولةٍ إلى النباتات السليمة عقب ملامسة النباتات المصابة . وتظهر الأعراض على شكل موزايك على الأوراق بلونٍ أخضر فاتحٍ وأخضر داكن .

أفضل طريقة للمكافحة هى بزراعة الأصناف المقاومة ، وهى كثيرة ، خاصة فى الأصناف الهجين . أما فى حالة زراعة أصنافٍ قابلةٍ للإصابة ، فمن المفضل إزالة النباتات التى تظهر عليها الأعراض إن كانت نسبتها منخفضةً لا تزيد على ١ ٪ . كما يجب عدم ملامسة النباتات السليمة عقب ملامسة النباتات المصابة إلاّ بعد غسل الأيدى جيداً بالماء والصابون . ويجب فى جميع الحالات عدم قيام العمال الزراعيين بالتدخين داخل البيوت المحمية ؛ لاحتمال وجود الفيرس كامنًا فى التبغ ؛ مما يجعل أيديهم ملوثةً بالفيرس بصفةٍ دائمة .

١٦ - فيرس موزايك الخيار :

يحدث هذا الفيرس أعراضًا شبيهة بتلك التى يحدثها فيرس موزايك التبغ . وهو لا ينتقل ميكانيكيا إلا بصعوبةٍ كبيرةٍ ، بينما ينتقل بسهولةٍ بواسطة حشرة المن ؛ ولذلك فإن مكافحة المن تكون كفيلةً بمنع انتشار المرض من النباتات المصابة إلى السليمة .

الآفات

تصاب الطماطم فى الزراعات المحمية بعديدٍ من الآفات ، كما يلى :

١ - النيماتودا :

أكثرها انتشارًا نيماتودا تعقد الجذور .Meloidogyne spp. تظهر الأعراض على شكل أورام أو عقد بجذور النباتات المصابة . وتنتشر الإصابة فى الجو الدافىء ، وتزداد كثيرًا فى حالة عدم تعقيم التربة بين الزراعات المتتالية .

لذلك . . فإن أفضل طريقةٍ للمكافحة هى بمعاملة التربة بأحد المبيدات النيماتودية ؛ مثل النيماكور ، أو التمك ، أو الثيوريدان بمعدل ٣ كجم لكلٍ بيتٍ بلاستيكيٍّ مساحته ٥٠٠ متر مربع. تقلب كمية المبيد فى التربة ، ثم تروى الأرض وتزرع مباشرةً .

كما تجب معاملة مخاليط الزراعة المستخدمة فى المشاتل - والتى يكون أساسها التربة - بأيٍّ من المبيدات السابقة بمعدل نصف جرامٍ لكل كيلو جرامٍ من المخلوط عند إعداده .

هذا . . إلاَّ أن تعقيم التربة والمشاتل ببروميد الميثايل يغنى عن هذه المعاملة .

وتفيد هذه المعاملات حتى عند زراعة الأصناف المقاومة للنيماتودا . وهى كثيرة .

كذلك يمكن رش المشاتل والنباتات الصغيرة بالفايدت بتركيز ٠,٦ ٪ . كما تجرى المكافحة - فى حالة عدم تعقيم التربة - بإضافة مبيد الفايديت ٢٤ ٪ سائل

بمعدل ١٠٠ مل (سم^{٣}) / ١٠٠ م^{٢} مع ماء الرى بعد الشتل بنحو ثلاثة اسابيع، ثم تكرر المعاملة بالمبيد فى بداية مرحلة عقد الثمار.

٢ - الحشرات :

إن أهم الحشرات التى تصيب الطماطم فى البيوت المحمية هى: الحفار، والدودة القارضة ، والنطاط ، والذبابة البيضاء ، ونطاطات الأوراق ، والمن، ودودة ثمار الطماطم ، ودودة ورق القطن . وتعتبر الذبابة البيضاء أهمها ؛ بسبب نقلها لفيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم إلى النباتات .

تكافح حشرة الذبابة البيضاء فى المشاتل ، ثم بعد الشتل يرش النباتات كل ٢ - ٣ أيام بأحد المبيدات المناسبة ؛ مثل : تريبون ، ومارشال ، وسيليكرون ، وأكتلك، على أن يكون استعمال هذه المبيدات بالتناوب ، وأن يوقف الرش قبل بداية الحصاد بأسبوعين . ويعتبر المبيد كونفيدور Confidor من أحدث وأكفأ المبيدات فى مكافحة الذبابة البيضاء . ويعد استعمال هذه المبيدات كافيًا - كذلك - لمكافحة حشرات المن ونطاطات الأوراق.

ويكافح الحفار والدودة القارضة والنطاط باستعمال مبيد الهوستاثيون كطعمٍ سامٍّ.

أما دودة ورق القطن ودودة ثمار الطماطم فإنهما تكافحان بأحد المبيدات المناسبة؛ مثل : الريلدان ، واللانيت ، والسيليكون ، والنيودرين .

٣ - العنكبوت الأحمر :

تظهر الإصابة بالعناكب على شكل بقعٍ صغيرة مصفرةٍ لامعةٍ تؤدى إلى جفاف الزوراق ، وتقاوم بالرش بالتديفول بتركيز ٢٥,٠٪، أو بالكالثين الزيتى ١٨,٥٪ بالتركيز نفسه.

٤ - الفئران والجرذان :

تكافح هذه القوارض برضع أحد المبيدات المناسبة: مثل: أتراراك Atrarak، أو

كليرات Klerat ، أو رتاك Ratak ، أو وارفارين Warfarin ، أو زيليو Zelio على شرائح من الخشب أو الكرتون المقوى ، وتوضع داخلٍ أنابيب بقطر ١٠ سم ، وطول ٢٥سم ، وتوزع على أنحاء البيت البلاستيكى . ويفضل دائما الاعتماد على نوعين من هذه المبيدات ينتميان إلى مجموعتين كيماويتين مختلفتين (مديرية البحث والإرشاد الزراعى - وزارة الزراعة - المملكة الأردنية الهاشمية ١٩٨٣ ، ووزارة الزراعـة - جمهورية مصر العربية ١٩٩٠) .

المكافحة الحيوية

يمكن الاطلاع على التفاصيل المتعلقة بالمكافحة الحيوية لأمراض وآفات الطماطم بمراجعة الموضوع فى الفصل الثامن من هذا الكتاب .

الفصل العاشر

إنتاج الفلفل والباذنجان

أولاً : الفلفل

لا نميز فى هذا الفصل بين إنتاج الفلفل الحلو وإنتاج الفلفل الحريف ، وإن كانت الغالبية العظمى من زراعات الفلفل المحمية فى الوطن العربى خاصة بإنتاج الفلفل الحلو .

ويعرف الفلفل (أو الفليفة) بالاسم الإنجليزى Pepper ، وبالاسم العلمى Capsicum annuum . وهو من محاصيل الزراعات المحمية الناجحة التى تدر عائداً اقتصادياً مجزياً ، وتُستعمل فى إنتاجه البيوت المحمية (الأنفاق) الكبيرة .

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

درجت العادة ـ فى الماضى ـ على زراعة الأصناف العادية (المفتوحة التلقيح) المعروفة من الفلفل الحلو فى البيوت المحمية ، والتى من أمثلتها : كاليفورنيا وندر ٣٠٠ ، وبل بوى ، وليدى بل ، ويولو ستار وغيرهم . إلا أنه تفضل زراعة الهجن المرباة خصيصاً للزراعات المحمية .

وترتفع ـ كثيراً ـ أسعار هجن الفلفل الخاصة بالزراعات المحمية ؛ حيث فى المتوسط ـ (أسعار ١٩٩٥ بالدولار الأمريكى / ١٠ جرامات من البذور) بين . ٧,٥ دولاراً فى الأردن ، و٤٠ دولاراً فى سوريا ، و٤٤ دولاراً فى مصر ، و ١٢٧ دولاراً فى المغرب .

ومن أهم هذه الهجن ما يلى :

(ملحوظة : جميع الهجن الموضحة أدناه هى من أصناف الفلفل الحلو ما لم يذكر خلاف ذلك).

١ - جديون Gedeon :

نموه الخضرى قوى وقائم . مبكر . ثماره مستطيلة ، بها ٣ـ٤ مساكن ، كبيرة الحجم (حوالى ١٨٠ـ٢٠٠جم) ، ذات لونٍ أخضر داكنٍ ، يتحول إلى الأحمر عند النضج . مقاوم لفيرس موزايك التبغ .

٢ - لاميو Lamuyo :

يتشابه مع الصنف جديون .

٣ - برايو Bruyo :

نموه الخضرى متوسط ، ثماره تميل إلى الاستطالة ، بها ٣-٤ مساكن ، كبيرة الحجم ، ذات لونٍ أخضر داكن .

٤ - جالاكسى Galaxy :

نموه الخضرى متوسط القوة والطول. متوسط التبكير. ثماره مكعبة ، خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج متوسطة إلى كبيرة الحجم (حوالى ١٥ ـ ١٨ سم) ، تحتوى على ٣-٤ مساكن . مقاوم لفيرس موزايك التبغ ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس PVY .

٥ - ليتو Lito :

نموه الخضرى متوسط القوة ، يميل إلى الافتراش ، لذا .. يبدو النبات قصيراً . لون ثماره أصفر فاتح ، ويصلح للتصدير إلى ألمانيا . حساس للبرودة ، وتقل قدرته الإنتاجية كثيراً بانخفاض درجة الحرارة .

٦ - بيكال Pical :

هجين حريف ، قوى النمو . أوراقه طويلة شريطية ، خضراء قاتمة اللون . ثماره

شديدة الحرافة ، يتراوح طولها بين ١٥ و ١٨ سم . حساس للبرودة ، وتنخفض قدرته الإنتاجية كثيراً مع انخفاض درجة الحرارة .

٧ - كولومبو Colombo :

ثمـاره كبيرة ، خضراء اللـون تتحول إلى حمراء عند النضج ، طويلـة (حوالى ١٤ × ٩ سم) ، بها ٣-٤ مساكن . يمكنه العقد فى الحرارة المنخفضة . يصلح للتصدير .

٨ - بومبى Bomby :

نموه الخضرى قوى . مبكر . ثماره ناقوسية الشكل تحتوى على ٣-٤ فصوص ، كبيرة الحجم (حوالى ١١ × ١٠ سم) ، لونها أخضر يتحول إلى أحمر زاهٍ عند النضج . يتحمل الشحن . مقاوم لفيرس موزايك التبغ ، وإتش التبغ ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس .

٩ - قرطبة Cordoba :

شبيه بالصنف لاميو ، ولكن نموه الخضرى أقوى. النمو قائم . ثماره خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج . مقاوم لفيروس موزايك التبغ ، وإتش التبغ ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس .

١٠ - زاركو Zarco :

نموه الخضرى قوى . متوسط التبكير . ثماره طويلة (حوالى ١٤ × ١٠ سم) ، كبيرة الحجم ، صفراء اللـون عند النضج . مقاوم لفيروس موزايك التبغ ، وإتش التبغ ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس .

١١ - كيرالا Kerala :

نموه الخضرى مندمج . مبكر . ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٨ سم) ، تحتوى على ٣-٤ مساكن ، لونها أخضر ضارب إلى الصفرة يتحول إلى أصفر زاهٍ عند النضج . مقاوم لفيرس موزايك التبغ .

١٢ - أوروبيل Orobelle :

نموه الخضرى سريع وشجيرى . مبكر . ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٩سم) ، بها ٣-٤ مساكن ، وتكون صفراء عند النضج . مقاوم لفيرس موزايك التبغ ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس .

١٣ - بل بوى Bell Boy .

١٤ - كوبانيلا Kubanella .

١٥ - أصناف أخرى :

من أصناف الفلفل الأخرى التى تصلح للزراعة فى البيوت المحمية :

أ - الطرز الإسبانية Spanish Types (وهى ليست إسبانية) :

تتميز بثمارها الطويلة (حوالى ١٧ × ٨ سم) الكبيرة الحجم جداً (حوالى ٢٥٠ - ٣٠٠ جم) ، ومن أمثلتها : هـ ١١٦٨ ، و هـ ١١٧٣ ، و هـ ١٢٧٣ (وجميعها ذات ثمار خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج) ، وهـ ١١٣٤ (وثماره خضراء تتحول إلى ذهبية اللون عند النضج) .

ب ـ الطرز الكاليفورنية (طراز كاليفورنيا وندر) :

تتميز بثمارها الناقوسية (حوالى ١١ × ٨ سم) الكبيرة الحجم (حوالى ٢٠٠ - ٢٢٥ جم) ؛ مثل : هـ ١٢ ، و هـ ٨٩٩ وثمارها خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج ، وكذلك الصنف نمرود (هـ ٩٨٨) الذى يتميز بثماره الكبيرة جداً (٢٤٠ جم) المكعبة (٩ × ٩ سم) .

وتبعاً للمنظمة العربية للتنمية الزراعية (١٩٩٥) .. فإن أهم أصناف فلفل الزراعات المحمية ـ فى مختلف الدول العربية ـ هى كما يلى :

جديون ، وأوروبيل ، وبيكال ، وماساى فى مصر .

كولومبو فى مصر والإمارات .

سونار فى مصر وليبيا .

كورويا ، وكلوفيس ، ويلوبيل ، وفالنسيا فى لبنان .

برنما وندر ، وقرطبة فى العراق .

مؤيد (حار) ، وفيوجو (حار) ، وبريو فى ليبيا .

ميلادى ، وجالاكسى ، وأميجو ، وتينو فى الإمارات .

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

يعتبر الفلفل من أكثر محاصيل الخضر حساسيةً لدرجة الحرارة ؛ فهى التى تحدد غالباً مدى نجاح الزراعة وبدايتها بشكل سليم . وتنبت بذور الفلفل خلال ثمانية أيام فى درجة الحرارة المناسبة ؛ وهى ٢٥ْم - ٣٠ْم ، بينما يستغرق الإنبات ٢٥ يوماً فى حرارة ١٥ْم ، ولا تنبت البذور عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠ْم أو أقل .

وأنسب مجال حرارى لنمو وإزهار وإثمار نبات الفلفل هو ١٧ْم-١٨ْم ليلاً ، و ٢٢ْم ـ ٢٤ْم نهاراً ، وبينما يتوقف النمو وعقد الثمار فى درجة حرارة ١٠ْم ، فإن درجات الحرارة العالية تضر بالنبات والمحصول . فالثمار العاقدة فى درجة حرارة ٢٧ْ - ٢٨ْم تكون صغيرة الحجم ومشوهة الشكل ، بينما لا يحدث عقد فى حرارة ٣٣ْم - ٣٥ْم .

وإذا أمكن التحكم فى درجة الحرارة داخل البيوت المحمية . . فإنه يفضل توفير حرارة التربة والهواء المناسبتين للفلفل فى مختلف مراحل نموه ، كما يلى (ْم) :

مرحلة النمو	حرارة التربة	حرارة الهواء ليلاً	حرارة الهواء نهاراً	حرارة الهواء نهاراً فى الإضاءة الجيدة
إنبات البذور	٢١-٢٥	-	-	-
النمو الخضرى	-	٢٠-٢٢	٢٣-٢٤	٢٦-٢٨
تحفيز عقد الثمار	-	١٥-١٧	٢٠-٢١	٢٣-٢٥
نضج الثمار	-	١٧-١٨	٢١-٢٢	٢٤-٢٦

ولكن يستدل من دراسات Bakker (١٩٨٩) على أن الفرق بين درجتى حرارة الليل والنهار (استعمل الباحث ١٢ معاملة اختلفت فيها حرارة الليل بين ١٢ْ و ٢١ْم ، وحرارة النهار بين ١٦ْ و ٢٨ْم) لم يكن مؤثراً على نمو وتطور النباتات ، وعقد ثمارها وصفاتها ، وإنما كان المهم هو متوسط درجة الحرارة اليومى الذى أثر (فى حدود المجال المستعمل فى الدراسة) على عقد الثمار ، وتطورها ، ونضجها.

وقد قدر الباحث الـ Q_{10} لفترة الثمرة ، من الإزهار إلى الحصاد بين ١,٥ و١,٩ .

ويبلغ أعلى معدل للبناء الضوئى فى الفلفل فى حرار ة ٢٥ْم (Jeong وآخرون ١٩٩٤) .

ويعتبر الفلفل من النباتات الحساسة ـ فى مختلف مراحل نموها ـ لكل من الحرارة المرتفعة والحرارة المنخفضة .

فيتأثر عقد الثمار ـ كثيراً ـ بارتفاع درجة الحرارة (وخاصة أثناء الليل) ؛ حيث تسقط الأزهار والثمار الحديثة العقد فى بداية الموسم عندما تكون الحرارة عالية ، ويزداد معدل التساقط إذا صاحب الحرارة العالية انخفاض فى شدة الإضاءة، وقد وجد Aloni وآخرون (١٩٩٥) أن معاملة نباتات الفلفل ـ تحت هذه الظروف ـ بثيوكبريتات الفضة silver thiosulphate قللت كثيراً من معدل سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد ، ولكن ذلك كان مصاحباً بزيادة فى نسبة الثمار المشوهة .

وقد اقترح الباحثون أن ثيوسلفات الفضة قللت تساقط الأزهار بوقف فعل الإيثيلين ، ولكنها منعت انتقال الأوكسين من البرعم الزهرى إلى المبيض النامى ؛ مما أدى إلى تشوهه .

كما أن نمو ثمار الفلفل ووزنها يتأثر ـ سلبياً ـ بارتفاع درجة الحرارة من ٣٠ْ إلى ٣٤ْم (Malfa ١٩٩٣) .

وتؤدى حرارة الليل المنخفضة (١٥ْم) إلى عقد ثمار بكرية أو قليلة البذور ، كما تكون هذه الثمار مشوهة ، وصغيرة (يطلق عليها فى مصر اسم «الزراير») . تنتج هذه الثمار فى مصر خلال فترة انخفاض درجة الحرارة فى شهر فبراير .

وتحت الظروف المصرية . . وجد Abou - Hadid وآخرون (١٩٩٢) أن تدفئة البيوت شتاءً بالهواء الدافئ أدت إلى مضاعفة محصول الفلفل ، ولكن التكلفة الإنشائية لجهاز التدفئة كانت عاليةً . وبالمقارنة . . فإن استعمال « ملش » (غطاء للتربة) من القش كان أكفأ طرق التدفئة من حيث الجدوى الاقتصادية ؛ حيث أدت إلى رفع درجة الحرار ة قليلاً (أثناء تحلل القش) وزيادة المحصول قليلاً نتيجة لذلك ، بينما كانت تكلفة استعماله منخفضة كثيراً .

الإضاءة

تؤدى الطريقة التى ينتج بها الفلفل فى الزراعات المحمية إلى تكوين نموات خضرية كثيفة ومتشابكة على المصاطب ، يصل ارتفاعها - فى نهاية الموسم - إلى ٢-٢,٥م ، مع وجود ممرات خاليةٍ من النمو الخضرى . وقد قام Hand وآخرون (١٩٩٣) بتقدير شدة الإضاءة الحديثة ومدى استفادة النباتات منها - فى ظل هذا النظام لتربية النباتات - وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١- ازداد استقبال النباتات للضوء الساقط عليها - تدريجياً - أثناء نموها ، إلى أن وصلت نسبة الاستفادة منه إلى ٩٢ ٪ عند بداية نضج الثمار ، واستمرت على هذه الحال بعد ذلك .

بلغت نسبة الإضاءة التى نفذت خلال النمو الخضرى حوالى ٢٠ ٪ عند الظهيرة (منتصف النهار) ، وانخفضت إلى نحو ٢ ٪ قبل الظهيرة أو بعدها بساعاتٍ قليلة .

ويصل الفلفل إلى حالة التشبع الضوئى بين ٦٠ و ٨٠ كيلولكس حسب الصنف (Jeong ١٩٩٤) .

ولا توجد فى الدول العربية مشكلة فى نقص شدة الإضاءة ، ولكن المشكلة الحقيقية تكمن فى تعرض الثمار (فى بداية مرحلة الإثمار قبل حلول فصل الشتاء) ، والثمار التى تتكون بعد منتصف شهر أبريل للإصابة بلفحة الشمس .

الرطوبة النسبية

يناسب الفلفل رطوبة نسبية تقدر بنحو ٧٥ ٪ . وتؤدى الرطوبة النسبية العالية إلى بطء نشاط النبات ، كما تؤدى الرطوبة المنخفضة إلى بطء نموه .

مواعيد الزراعة

يوصى - فى مصر - بزراعة بذور الفلفل مبكراً خلال فصل الصيف ؛ وذلك للحصول على نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء ؛ ولذا . . فإن زراعة البذور تكون - عادة - خلال الفترة من أوائل شهر يوليو إلى منتصف أغسطس . يستغرق إنبات البذور فى هذا الوقت من العام حوالى ٨ - ١٠ أيام ، ويتم الشتل بعد نحـو ٣٠ - ٣٥ يوماً من زراعة البذور (أى بعد نحو ٢٠ - ٢٥ يوماً من إنباتها) ؛ أى إن الشتل يكون خلال الفترة من أوائل أغسطس إلى منتصف سبتمبر .

يلاحظ أن الزراعة المبكرة - فى المدى المبين أعلاه - يكون محصولها أعلى مما فى الزراعة المتأخرة ، التى لا يتوفر لها الوقت الكافى لتكوين نمو خضرىٍّ قوىٍّ قبل حلول فصل الشتاء .

الزراعة

يتكاثر الفلفل بالبذور ، التى يحتوى كل جرام منها على حوالى ١١٠ بذور . ويـلزم - عادة - حوالى ١٢ - ١٥ جراماً من البذور لإنتاج شتلات تكفى لزراعة صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢ ، ويتوقف ذلك على كثافة الزراعة كما سيأتى بيانه .

يكون إنتاج الشتلات ، وإقامة المصاطب ، واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة ، والشتل ، واستعمال الأسمدة البادئةبعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع .

يُشتل خطان من نباتات الفلفل - بينهما ٥٠ سم - فى كل مصطبة ، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما . وتكون المسافة بين النباتات - فى الخط الواحد - ٥٠ سم فى الزراعات المبكرة (عند الشتل فى

أوائل أغسطس) ، تنقص إلى ٤٠ سم فى الزراعة المتأخرة (عند الشتل فى النصف الثانى من سبتمبر) . ويراعى أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رِجْل غراب) .

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢ يكون فيها ١٢٠٠ ـ ١٥٠٠ نباتٍ ؛ بكثافة تتراوح بين ٢,٢ و ٢,٨ نباتاً / م٢ .

الرى

تجب العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة المناسبة منذ اليوم الأول للشتل ، مع تجنب الرى بالمياه العالية الملوحة . هذا . . ويستجيب الفلفل للرى بالرذاذ كعامل مساعد مع الرى السطحى ، أو الرى بالتنقيط .

وكمؤشر تقريبى لاحتياجات النباتات من مياه الرى فى الأراضى الصحراوية يوصى بأن يكون معدل الرى (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢) من ١ ١/٤ إلى ١ ١/٢ م٣ يومياً فى بداية حياة النبات ، تزداد تدريجياً إلى أن تصل إلى ١ ١/٢ إلى ٢م٣ فى الأسبوع السابع بعد الشتل ، ثم إلى ٢ ١/٢ إلى ٣ ١/٢ م٣ بعد ذلك ، على أن تقسم كمية مياه الرى المستعملة مناصفة بين ريتين فى التاسعة صباحاً والثالثة بعد الظهر . ويستعمل الحد الأقصى لكمية مياه الرى الموصى بها ـ فى كل مرحلة من مراحل النمو ـ فى الجو الحار وفى الزراعات الكثيفة .

ولكن تجب ملاحظة أن أرقام كميات مياه الرى المبينة أعلاه تقريبية ، ويتعين زيادة الكمية المستعملة إذا لوحظ ارتخاء فى أوراق النباتات قبل الظهيرة (وليس بعد الظهيرة ؛ فذلك أمر طبيعى) ، كما يجب خفض الكمية المستعملة ـ أو حتى وقف الرى لمدة يومٍ واحدٍ ـ إذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية من التربة رطبة .

أما فى الأراضى الطميية والثقيلة فإن الرى يكون على فترات أكثر تباعدًا ، وبكميات أقل من تلك الموضحة أعلاه ؛ نظراً لعدم فقد المياه منها بالرشح كما يحدث فى الأراضى الصحراوية .

التسميد

أوضحت نتائج دراسات التسميد أن استعمال تركيز مرتفع ثابت من النيتروجين النتراتى فى المحاليل المغذية (١٧٥ جزءاً فى المليون) ـ فى مزارع الصوف الصخرى ـ كان أفضل للفلفل من استعمال تركيز متوسط ثابت (١٢٠ جزءاً فى المليون) ، أو تركيزات متدرجة فى الزيادة (٦٠ ، ثم ٩٠ ، ثم ١٢٠ جزءاً فى المليون) خلال مراحل النمو النباتى ؛ حيث ترتب على استعمال التركيز المرتفع الثابت زيادة معنوية فى كل من عدد الثمار ، ووزن الثمرة ، والمحصول الكلى ، مقارنة بالمعاملتين الأخريين ، بينما لم تتأثر نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى بمستوى النيتروجين المستعمل فى تغذية النباتات (عن Schon وآخرين ١٩٩٤) .

ولتغذية الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ، يوصى بأن يكون النيتروجين نتراتياً بنسبة ١٠٠ ٪ فى ظروف الإضاءة القوية ، بينما يفضل استعمال محاليل مغذية تحتوى على نيتروجين نتراتى : نيتروجين أمونيومى بنسبة ٩ : ١ ، أو ٨ : ٢ فى ظروف الإضاءة الضعيفة (Jung وآخرون ١٩٩٤) .

هذا ويتشابه الفلفل مع الطماطم فى كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد ؛ مثل : التسميد السابق للزراعة ، وأنواع الأسمدة المستعملة ، وما تجب مراعاته بشأنها ، وطريقة التسميد ، وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع ، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور العامة المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع .

ونقدم ـ فى هذا المقام ـ برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الفلفل المحمية فى الأراضى الصحراوية ؛ كما يلى :

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ـ جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومين للتسميد بكل من نترات النشادر ، وحامض الفوسفوريك ، وسلفات البوتاسيوم ، وسلفات المغنيسيوم معاً، ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم ، ويترك اليوم الرابع بدون تسميد ، ثم تعاد الدورة . . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) :

كمية السماد بالجرام / م^{3} من مياه الرى خلال شهور

السماد	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية
نترات النشادر	٣٠٠	٣٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٣٥٠	٤٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٦٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	٧٥	٧٥	٧٥	٥٠
نترات الكالسيوم	–	–	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشاً بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يكون فى النصف الثانى من شهر أغسطس ، وأن الحصاد يستمر إلى نهاية شهر يونيه .

(ملحوظة هامة : تراعى عند تطبيق هذا البرنامج التسميدى جميع الأمور والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم) .

ونقدم ـ فيما يلى ـ برنامجا آخر للتسميد التالى للشتل ـ فى الأراضى الصحراوية ـ يُعدّ وسطاً بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالَى فيها، وفيه يكون التسميد (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م^{2}) كما يلى :

تعطى كل جورةٍ (حفرة زراعة) ـ عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) ـ حوالى ١٢٥ مل (سم^{3}) ـ أى ملء نصف كوبِ ماءً ـ من سمادٍ بادئٍ يُحضر بإذابة سمادٍ مركبٍ (ورقىٍ) ـ غنىٍ فى كلٍّ من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور ـ فى الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد / ١٠٠ لتر ماء).

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبةٍ من عناصر سماديةٍ مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . . فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكليو جرام) يكون ـ أسبوعيا ، وعلى مدى عشرة شهورٍ من الشتل ـ على النحو التالى :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	-	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢٥
الخامس إلى الثامن (الإزهار والعقد)	٤	١,٧٥	١,٠	١,٥	٠,٢٥
التاسع إلى الثانى عشر (نمو الثمار وبداية الحصاد ـ جو معتدل)	٤	٢	١,٢٥	٢,٠	٠,٢٥
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين (حصاد ـ جو بارد نسبيا)	١٣	١,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
السادس والعشرون إلى الثلاثين (حصاد ـ جو معتدل)	٥	٢	١,٠	٢,٠	٠,٢٥
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثين (حصاد ـ جو حار)	٨	١,٥	٠,٥	٢,٠	٠,٢٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٥	٠,٢٥	١,٠	٠,٢٥
الحادى والأربعون إلى الثانى والأربعين	٢	-	-	-	-
إجمالى الكمية المضافة	-	٨٢	٤٠	٩٠	١٢

وبالإضافة إلى الأسمدة المذكورة آنفًا . . فإن الفلفل يحتاج إلى مزيدٍ من التسميد بالكالسيوم (بخلاف ما يتوفر فى السوبر فوسفات العادى المضاف قبل الزراعة) ، ويكون التسميد إما فى صورة نترات الكالسيوم ، وإما برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداءً من الأسبوع السابع بعد الشتل، حتى قرب انتهاء موسم الزراعة على النحو التالى (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠م٢) :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم / أسبوع)
السابع إلى الثانى عشر	٦	٠,٢
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين	١٣	٠,٣
السادس والعشرون إلى الثلاثين	٥	٠,٤
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثين	٨	٠,٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٤
المجموع	-	١٢,٠

وبذا . . تحصل كل صوبة على نحو ٨٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ١٢ كيلو جرامًا من النيتروجين) .

أما العناصر الدقيقة فإنها تضاف ـ مرةً واحدةً أسبوعيًا ـ بمعدل ٥٠ ـ ١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر تُذاب فى ٥٠ لترًا ـ ١٠٠ لترٍ من الماء لكل صوبةٍ . يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى ، مع زيادة كمية السماد المستعملة بزيادة عمر النباتات .

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بياتها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم، وبخاصة ما يتعلق منها بعدم الجمع ـ عند التسميد ـ بين نترات الكالسيوم وأيٍّ من الأسمدة الأخرى .

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

أفادت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٩٠٠ جزء فى المليون بمعدل ٨ ساعات يوميًا ، لمدة ٣ أسابيع ـ مع وجود إضاءةٍ صناعيةٍ إضافية (تحت ظروف كندا)ـ إلى زيادة الوزن الجاف لشتلات الفلفل بنسبة ٥٠٪ للنموِّ الخضرى ، و ٦٢٪ للجذور، وإلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١١٪ ، مقارنةً بمعاملة الشاهد (Fierro وآخرون ١٩٩٤) .

وقد أدت زيادة تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون إلى تحسين معدل البناء الضوئى فى الحرارة المنخفضة (١٥ْم) ، والإضاءة الضعيفة (٢٠ كيلو لكس) ، بينما أدت المعاملة إلى مضاعفة معدل البناء الضوئى فى الحرارة والإضاءة الأفضل (٢٠ْم ، و٤٠ كيلو لكس ، على التوالى) ؛ وذلك مقارنةً بمعاملة الشاهد (Jeong وآخرون ١٩٩٤) .

تربية وتقليم النباتات

لا يفيد إجراء أى تقليمٍ لنباتات الفلفل فى الزراعات المحمية ، لكن تدعم النباتات لحماية الأفرع من الميل لأسفل والانكسار بإحدى الطرق التالية :

١ ـ توجيه ٣ ـ ٤ أفرع رئيسية من كل نباتٍ على خيوط رأسية عندما يبلغ ارتفاعها ٣٠ سم ، مع لفها على الخيوط كل ٣ أسابيع دون إجراء أى تقليمٍ لباقى الأفرع،

ولكن تقلم تلك التى تنمو أسفل الفروع المنتخبة (شكل ١٠ ـ ١ ، يوجد فى آخر الكتاب) .

٢ ـ حصر النمو النباتى بين ثلاثة خيوطٍ أفقيةٍ تمتد على جانبى النباتات بإمتداد خط الزراعة المزدوج ، وربط النباتات بها ، مع ربط الخيوط نفسها بدعاماتٍ تثبت فى الأرض كل ثلاثة أمتارٍ ، وتكون بارتفاع ١٤٠ سم فوق سطح الأرض .

٣ ـ حصر النمو النباتى بين خيوطٍ طوليةٍ تُربط فى دعائم كل مترين ، مع توجيه النباتات بين خيوطٍ أخرى عرضيةٍ تشد كالزجزاج بين الدعائم .

٤ ـ حصر النمو النباتى بين ثلاثة أدوارٍ من خيوطٍ تمتد أفقيًا على جانبى خط الزراعة المزدوج كما فى الطريقة الثانية ، مع المحافظة على التوجه الرأسى للنباتات باستعمال ثلاث طبقاتٍ من شِباك ذات فتحات واسعة ، توضع ـ واحدة تلو الأخرى ـ فوق مستوى النمو النباتى مباشرةً خلال مختلف مراحل نمو النباتات (شكل ١٠ ـ ٢ ، يوجد فى آخر الكتاب).

ويجب ـ دائمًا ـ المحافظة على النمو الرأسى للبناتات للحصول على أعلى محصول (عن Kanahama ١٩٩٤) .

هذا . . وتفيد إزالة البراعم الزهرية الأولى (دون مبالغةٍ فى ذلك الأمر) فى تحفيز تكون نموٍّ خضريٍّ قويٍّ وزيادة المحصول .

كذلك يفيد التخلص من الأوراق السفلية الصفراء والمصابة بالأمراض فى تحسين التهوية فى خطوط الزراعة ، ولكن يجب عدم المبالغة فى ذلك الأمر كذلك ؛ وإلا أثر سلبيًا على المحصول .

وتجب إزالة الثمار المشوهة والمصابة بالأمراض والآفات بمجرد التعرف عليها ؛ لكى لا تستنزف طاقة النبات فى إنتاج ثمارٍ غير صالحةٍ للتسويق .

تحسين عقد الثمار

وجد Shipp وآخرون (١٩٩٤) أن استعمال النحل الطنانى Bombus impatiens

فى تلقيح الفلفل فى الزراعات المحمية لمدة ٢٤ ساعة أسبوعياً أدى إلى زيادة وزن الثمرة ، وحجمها ، ونوعيتها .

الحصاد والمحصول

يبدأ الحصاد بعد نحو ٧٠ - ٨٠ يوماً من الشتل ، ويستمر لمدة ٥ - ٧ شهور ، ويجرى الحصاد مرتين أسبوعياً فى الجو الدافئ ومرة واحدةً أسبوعياً فى الجو البارد ، ويتم قطع الثمرة بجزءٍ من العنق.

يتراوح متوسط محصول الفلفل فى الزراعات المحمية ـ فى مختلف الـــدول العربية - بين ٢كجم و ١١كجم /م٢ ، بمتوسطٍ عامٍ قدره ٥,٦٤ كجم / م٢ . وتبلغ أعلى إنتاجية (١١ كجم / م٢) فى مصر . ونظراً لأن هذا الرقم يُمثِّل متوسط إنتاج المتر المربع ، لذا . . يتوقع أن تعطى الزراعات المتميزة إنتاجاً أعلى من ذلك .

الأمراض والآفات ومكافحتها

يصاب الفلفل بأمراض الذبول الطرى ، وأعفان قاعدة الساق ، والبياض الدقيقى ، وفيرس موزايك التبغ ، وفيرس موزايك الخيار ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وجميع الحشرات التى تصيب الطماطم .

ولدراسة الأعراض وطرق المكافحة . . يراجع الموضوع نفسه تحت الطماطم فى هذا الكتاب ، وتحت أمراض وآفات الفلفل فى حسن (١٩٨٩) ، كما نضيف إلى ذلك ما يلى :

١ - فى المشتل . . تكافح الذبابة البيضاء بالرش بأحد المبيدات المناسبة ؛ مثل أدماير، وكونفيدور، و تريبون ، وأكتلك ، ومارشال ، ويكافح المن بالمالاثيون ، والبريمور ، والأكتلك . كما يكافح العنكبوت الأحمر بالرش بالتديفول أو بالكالثين . ويجب استعمال المبيدات بالتناوب .

وللوقاية من الإصابة بالبياض الدقيقى وتبقعات الأوراق . . ترش النباتات بالداكونيل أو بالمانكوبر .

٢ - تتم الوقاية ـ بعد الشتل ـ من أمراض الجذور بالمعاملة بالبنليت أو ترای ملتوكس فورت مع مياه الری ، وذلك بعد الشتل بنحو أسبوعين .

وتتم الحماية من الإصابة بالبياض الدقيقی وأعفان الثمار بالرش الوقائی بأیٍّ من الداكونيل ٢٧٨٧ ، أو المانكوبر ، أو الكوبروزان سوبر د كل ١٠ - ١٥ يوماً ، مع استعمال المبيدات بالتناوب .

٣ - تتم الوقاية من الإصابة بفيرس موزايك التبغ بمعاملة البذور بمحلول فوسفات الصوديوم الثلاثية trisodium phosphate بتركيز ١٠ ٪ لمدة ساعة قبل زراعتها . كما يفيد غمس الأيدی والأدوات فی اللبن (الحليب) الفرز ـ قبل تداول النباتات وأثناء تداولها ـ فی الوقاية من الفيروسات التی تنتقل ميكانيكيًا ؛ مثل فيرس موزايك التبغ . ويذكر Pategas وآخرون (١٩٨٩) أن غمر الأدوات المستعملة فی تداول النباتات (مثل مقصات التقليم) فی محلول هيبو كلوريت الصوديوم بتركيز ٠,٢٦ ٪ أو فی محلول RD 20 بتركيز ٤, ٪ أدى إلى خفض الإصابة بفيرس موزايك الطماطم بنسبة ٢٢ ٪ و ٣٩ ٪ ـ على التوالی ـ مقارنةً بمعاملة الشاهد .

٤ - للوقاية من نيماتودا تعقد الجذور (فی حالات عدم إجراء تعقيمٍ للتربة) تروى النباتات بالفايدت ٢٤ ٪ السائل مع ماء الری ، بمعدل ١٠٠مل من المبيد لكل ١٠٠ م٢ من مساحة الصوبة مرةً واحدةً فقط (وزارة الزراعة ـ جمهورية مصر العربية ١٩٩٠) .

٥ - يذكر Houten وآخرون (١٩٩٣) أنه أمكن مكافحة التربس Frankliniella occidentalis بيولوجيًا ـ فی زراعات الفلفل المحمية ـ باستعمال الأكاروس المفترس Amblyseius degenerans .

ثانيا : الباذنجان

إنتاج الباذنجان فی البيوت المحمية

يعرف الباذنجان Eggplant بالاسم العلمی .Solanum melongena L ، وهو لاينتج فی مصر ـ فی البيوت المحمية ـ إلا على نطاقٍ ضيقٍ للغاية ، بينما يعد من محاصيل الزراعات المحمية الهامة فی الدول العربية ذات الشتاء البارد ؛ مثل سوريا ، ولبنان ، والعراق .

ومن أهم أصناف الزراعات المحمية من الباذنجان ـ فى مختلف الدول العربية ـ ما يلى :

أكوارا ، وفيديت ، وراجا ، وسايحا ، وريحا فى العراق .

بالوروا ، وباك بيل ، وفابينا ، وبالورى ، وفالنتين ، وتاسكا ، وشهى فى سوريا .

رواندانا فى لبنان .

جالين ، ودوبركس ، ومادونا فى الإمارات .

يعد الباذنجان أكثر حساسيةً للحرارة المنخفضة ، وأكثر تحملاً للحرارة العالية عن الفلفل .

وهو يبقى فى الأرض لفترة طويلةٍ نسبيًا ، ويعامل معاملة الفلفل فيما يتعلق بموعد وطريقة الزراعة ، ولكن تجب زيادة مسافة الزراعة بين النباتات فى الخط إلى حوالى ١٠٠ سم فى الزراعات المبكرة ، و ٧٥ سم فى الزراعات المتأخرة ؛ ولذا . . فإن كثافة الزراعة تتراوح بين ١,١ و ١,٥ نباتاً / م٢ .

ويستجيب الباذنجان لاستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة ، وللرى الجيد ، ولكن تجب عدم زيادة كمية مياه الرى إلى المستوى الذى يؤدى إلى تعفن الجذور .

كما استجاب الباذنجان لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة ـ حتى ٦٦٣ جزءًا فى المليون ـ بزيادة المحصول بنسبةٍ تراوحت بين ١٠ ٪ و ٢٥ ٪ ، على الرغم من أن ذلك كان مصاحبًا باصفرارٍ فى قمة الورقة ؛ كان مرده إلى نقص انتقال عنصر البورون إلى الأوراق الحديثة السريعة النمو ؛ بسبب نقص معدل النتح ؛ الذى حدث ـ بدوره ـ لأن التركيز العالى للغاز أحدث إغلاقًا جزئيًا للثغور (Nederhoff ١٩٩٢ ، وNederhoff & Buitelaar ١٩٩٢) .

ويعامل الباذنجان معاملة الفلفل فيما يتعلق ببرنامج التسميد ، غير أنه لا يحتاج إلى تسميدٍ خاصٍ بنترات الكالسيوم ؛ لعدم تعرض الباذنجان إلى الإصابة بعيوبٍ فسيولوجيةٍ ـ يسببها نقص عنصر الكالسيوم ـ كما يحدث فى الفلفل .

وتربى نباتات الباذنجان رأسيًا وتقلم بطريقةٍ تماثل تلك المستعملة فى تربية وتقليم الفلفل.

ويتراوح محصول الباذنجان - فى مختلف الدول العربية - بين ٣ و ٦ كجم / م٢ (فى سوريا) ؛ بمتوسط قدره ٤,٥ كجم / م٢ .

ويصاب الباذنجان بعديدٍ من الأمراض ؛ منها : تساقط البادرات ، ولفحة ألترناريا ، والبياض الدقيقى ، والذبول الفيوزارى ، ولفحة اسكليروشيم ، ولفحة فوموبسس ، والذبول البكتيرى ، ونيماتودا تعقد الجذور ، كما يصاب بالعنكبوت الأحمر ، وبحشرات المن ، والذبابة البيضاء ، ونطاطات الأوراق ، وحفار ساق الباذنجان ، ودودة درنات البطاطس ، ودودة ورق القطن .

ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الأمراض والآفات وطرق مكافحتها فى حسن (١٩٨٩) ، كما تكافح الأمراض والآفات المماثلة لتلك التى تصيب الطماطم والفلفل ، كما أسلفنا بيانه تحت هذين المحصولين .

ويفيد التطعيم بالشق (Vuruskan & Yanmaz ١٩٩١) على أصولٍ مقاومةٍ لنيماتودا تعقد الجذور والذبول الفيوزارى فى حماية الباذنجان من الإصابة بهما (Morra وآخرون ١٩٩٢) .

الفصل الحادى عشر

إنتاج الخيـار

يُعرف الخيار بالاسم الانجليزى Cucumber ، واسمه العلمى Cucumis sativus L. وهو - مثل الفلفل - من محاصيل الزراعات المحمية الناجحة التى تدر عائداً اقتصاديًا مجزيًا .

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

الشروط التى يجب توافرها فى الأصناف

لا تستعمل فى الزراعات المحمية غالبًا إلا الأصناف الهجين التى تتميز بالإنتاجية العالية ، حتى يمكن خفض تكلفة الإنتاج بالنسبة للطن الواحد من الثمار . ومن المفضل أن تكون الأصناف مقاومةً لأهم أمراض الزراعات المحمية ؛ وهى البياض الزغبى ، والبياض الدقيقى ، والفيروسات ، خاصة فيروس موزايك الخيار . وقد تستخدم الأصناف ذات الثمار الطويلة إذا كانت مقبولةً لدى المستهلك ، أو تقتصر الزراعة على الأصناف ذات الثمار القصيرة من مجموعة بيت ألفا Beit Alpha Type التى تتميز بطعمها الجيد ونكهتها المرغوبة ، إلا أن محصولها يكون أقل مما فى الأصناف ذات الثمار الطويلة .

هذا . . وتتميز أغلب الأصناف المستخدمة فى الزراعات المحمية بأنها تحمل أزهاراً مؤنثة فقط ، وبمعدل ٣ - ٤ أزهار أو أكثر فى إبط كل ورقةٍ ، وبأنها قادرة على العقد البكرى للثمار ؛ ومن ثم فإنها تعطى محصولاً عاليًا من الثمار، دون حاجةٍ إلى الحشرات الملقحة للأزهار .

الأصناف الهامة

أولاً : الأصناف القصيرة الثمار

من أهم الأصناف القصيرة الثمار (وجميعها من الهجن إلا إذا ذكر خلاف ذلك) ما يلى :

١ - كاتيا Katia :

يبلغ متوسط طول الثمرة ١٢ سم ، وهى ذات لونٍ أخضر متوسط الدكنة . ينتج النبات أزهاراً مؤنثةً فقط ، تعقد بكريًا . يتحمل النبات درجات الحرارة المنخفضة . مقاوم لمرض الجرب الذى يسببه الفطر Cladosporium cucumerinum . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

٢ - كورديتو Cordito :

ثماره أسطوانية الشكل ، يبلغ متوسط طولها ١٥ سم ، وذات لونٍ أخضر داكنٍ . ينتج النبات أزهاراً مؤنثةً فقط تعقد بكريًا . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

٣ - مرام Maram :

نموه الخضرى غزير . غزير الإنتاج . ثماره قصيرة ، جذابة ، لونها أخضر فاتح، من طراز البيت ألفا . ينتج أزهاراً مؤنثةً فقط تعقد بكريًا . يعتبر النبات حساساً لانخفاض درجة الحرارة ، وهو قابل للإصابة بكلٍّ من البياض الزغبى والبياض الدقيقى ، ولكنه مقاوم للجرب(C. cucumerinum) . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

٤ - راوا Rawa :

نموه الخضرى قليل التفريع . ثماره أسطوانية ، من طراز البيت ألفا ، يبلغ متوسط طولها ١٢ - ١٥ سم ، ولونها أخضر داكن . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر . مقاوم لكل من البياض الزغبى والبياض الدقيقى ، وفيرس اصفرار عروق الخيار .

٥ - بيكوبللو Picobello :

نموه الخضرى غزير، كثير التفريع . لون ثماره أخضر داكن ، ويبلغ متوسط طولها ١٢ -١٥ سم . يصلح للزراعة الربيعية .

٦ - سمر Samar :

نموه الخضرى قوى . لون ثماره أخضر داكن ، ويبلغ متوسط طولها ١٥ - ١٨ سم. يصلح للزراعة الربيعية . مقاوم للجرب ، والبياض الدقيقى ، وتبقع الأوراق الذى يسببه الفطر Corynespora cassiicola .

٧ - سويت كرنش Sweet Crunsh :

من أصناف الزراعات المكشوفة التى يمكن زراعتها فى عروة الزراعات المحمية الربيعية .

٨ ـ بيت ألفا هجين :

هو كذلك من أصناف الزراعات المكشوفة ، التى يمكن زراعتها فى العروة الربيعية للزراعات المحمية .

٩ - فريد Farid :

مبكر . ثماره مضلعة قليلاً ، لونها أخضر قاتم ، متوسطة الطول . مقاوم لكلٍّ من البياض الزغبى والبياض الدقيقى . يعقد بكريًا .

١٠ - كريم ١٢٣٦ Karim 1236 :

ثماره طويلة نوعاً ما ؛ يبلغ متوسط طولها ١٨ سم ، لونها أخضر داكن . يتحمل الحرارة المنخفضة . يصلح للزراعة فى عروة أكتوبر .

١١ - نوفو Nouvo :

نموه الخضرى قوى . يتحمل الحرارة المنخفضة . ثماره مضلعة ، ومسحوبة قليلاً عند موضع اتصالها بالعنق ، لونها أخضر قاتم ، ويبلغ متوسط طولها ١٦ - ١٧ سم .

يتحمل الإصابة بكلٍ من البياض الزغبى ، والبياض الدقيقى ، وفيرس موزايك الخيار . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

١٢ - أصناف أخرى هامة ؛ منها ما يلى :

أ - باسندرا Passendra .

ب - فارول Farol TW 383 .

جـ - سيدار Sedar . بلغت إنتاجيته فى الإمارات ٢٢ كجم / م٢ (صالح ١٩٨٨) .

د - فيجارو Figaro .

هـ - دمشق Damascus .

و - أرابل .

ز - سيرانو : متوسط التبكير . ثماره لونها أخضر فاتح ، وناعمة الملمس . يعقد بكريًا .

ثانيا : الأصناف طويلة الثمار

من أهم أصناف الخيار الطويلة الثمار ـ وجميعها من الهجن ـ ما يلى :

١ - بيبنكس Pepinex :

نموه الخضرى قوى . يبلغ متوسط طول الثمرة ٣٠ - ٣٥ سم ، وهى ذات تضليع خفيفٍ ، ومسحوبة قليلاً عند العنق . يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

٢ - داليفا Daleva :

نموه الخضرى قوى . يبلغ متوسط طول الثمرة ٣٠ - ٣٥ سم ، وهى أقل تضليعاً ، وأقل انسحاباً عند العنق من الصنف بيبنكس ، يصلح للزراعة فى عروة شهر أكتوبر .

٣ - فيتوميل Vetomile :

نموه الخضرى قوى . تشبه ثماره ـ إلى حدٍ كبير ـ ثمار الصنف بيبنكس .

٤ - أصناف أخرى ؛ منها ما يلى :

أ - باندكس Pandex .

ب - ساندرا .

جـ - توسكا ٧٠

د - روكت .

وتبعاً للمنظمة العربية للتنمية الزراعية (١٩٩٥) . . فإن أهم أصناف خيار الزراعات المحمية ـ فى مختلف الدول العربية ـ ما يلى :

فيمدان ، وفيمنيك ، وطه ، ودااليبور فى البحرين .

باسندرا ، ونايل ، وبيتوستار ، وبريمو ، وأفضل فى مصر

هانا فى مصر ، وليبيا ، والإمارات .

بريتو فى عُمان .

صحارا فى عُمان ، وسوريا .

تاركت ، وسليما ، وديم ، ومارام ، والمختار ، وبيت ألفا فى العراق .

سمر فى العراق وسوريا .

بيكوبيللو ، وعُلا ، وروعه ، وجبل فى سوريا ولبنان .

أرابيل ، وببليوس ، ولوترا ، وباسكا ، وفرح فى سوريا .

بانزا ، وميكابيلو فى قطر .

منى ، والفارس ، وغنى ، ولاما ، وزيوس فى لبنان .

دينار ، وأوا ، وكفال فى ليبيا .

بونص ، وشريق ، وألاسكا ، وتوسكا ، وأمير فى الإمارات .

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

يعد الخيار من محاصيل الخضر التى يلزمها جو دافئ لإنبات البذور ونموالنباتات .

فتنبت البذور فى خلال ٣ - ٤ أيام فى درجة الحرارة المناسبة ، وهى ٢٥ - ٣٠ْ م ، بينما يستغرق إنبات البذور ١٣ يوماً فى حرارة ١٥ْم . ولا يحدث إنبات فى درجات الحرارة الأقل من ذلك . أما أفضل درجة حرارة للنمو النباتى فتبلغ ١٨ْ م - ٢٠ْ م ليلاً ، و٢١ْم - ٢٤ْ م نهاراً .

وينخفض معدل نمو نباتات الخيار بانخفاض درجة الحرارة . ويؤدى تعرض الجذور لحرارةٍ ثابتةٍ مقدارها ١٢ْم إلى التأثير على تركيب المواد الدهنية فيها ؛ وهى التى تدخل فى تركيب الأغشية الخلوية .

وقد وجد Bulder وآخرون (١٩٩١) أن استعمال Sicyos angulatus كأصلٍ للخيار كان أفضل من استعمال Cucurbita ficifolia فى جعل نباتات الخيار أكثر قدرةً على تحمل درجات الحرارة المنخفضة ؛ وهى : حرارة هواء ١٢ْ م ليلاً و ٢٠ْ م نهاراً ، وحرارة جذور ١٢ْ م ليلاً ونهاراً .

ويذكر Abou-Hadid وآخرون (١٩٩٢) أن محصول الخيار فى البيوت المحمية المدفأة بالهواء الدافئ ـ تحت الظروف المصرية ـ بلغ خمسة أمثال المحصول فى الصوبات غير المدفأة . هـذا . . إلا أن التكلـفة الإنشـائية لأجهزة التدفئة كانت عاليةً . وبالمقارنة . . وفّر استعمال القش كغطاءٍ للتربة ـ عند تحلله ـ طاقةً رخيصة ، كانت كافية لزيادة المحصول مقارنة بمعاملة الشاهد .

الرطوبة النسبية

وجد Bakker وآخرون (١٩٨٧) أن النمو الخضرى للخيار تحسّن بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهاراً . وبينما لم يتأثر المحصول المبكر بالرطوبة النسبية ليلاً أو نهاراً ، فإن المحصول الكلى كان مرتبطاً ارتباطاً سلبيًّا معنويًّا بالنقص فى ضغط بخار الماء خلال النهار . كما انخفضت نوعية الثمار ـ عندما اتخذ اللون كدليلٍ على النوعية ـ بارتفاع متوسط الرطوبة النسبية على مدى الأربع والعشرين ساعة . كما أحدثت زيادة الرطوبة النسبية ـ على مدى الأربع والعشرين ساعة ـ نقصاً مماثلاً فى محتوى الأوراق من الكالسيوم . وقد توصل الباحثون إلى أن الحصول على أعلى محصول من الخيار مع

أفضل نوعية للثمار يتطلب رفع الرطوبة النسبية نهاراً مع تجنب الرطوبة الشديدة الارتفاع ليلاً .

كما وجد Bakker & Sonneveld (١٩٨٨) أن أعراض نقص الكالسيوم فى أوراق الخيار ارتبطت ارتباطاً إيجابيًا عالياً بمتوسط الرطوبة النسبية على مدى الأربع والعشرين ساعة ، وازداد تأثير الرطوبة النسبية العالية ـ على ظهور أعراض نقص الكالسيوم ـ بزيادة درجة التوصيل الكهربائى (EC) لبيئة الزراعة عن ٢,٠ مللى موز / سم ، وبانخفاض مستوى الكالسيوم فيها . وقد تطّلب التغلب على ظهور أعراض نقص الكالسيوم ـ فى الرطوبة النسبية العالية ـ أن يشكل أيون الكالسيوم ٤٠ ٪ ـ على الأقل ـ من جميع الكاتيونات فى بيئة الزراعة .

مواعيد الزراعة

بالنسبة للبيوت المبردة (فى المناطق الشديدة الحرارة صيفًا ، المعتدلة شتاءً) فإنه يمكن زراعة الخيار فى أى وقتٍ من السنة ، مادام فى الإمكان الاحتفاظ بدرجة الحرارة فى المجال الحرارى الملائم للنباتات ، لكن يفضل أن تكون الزراعة خلال الفترة من أبريل إلى يوليو ؛ حتى يتسنى الإنتاج خلال فترة ارتفاع درجة الحرارة من منتصف مايو إلى منتصف أكتوبر ؛ حيث يستحيل إنتاج الخيار فى الزراعات المكشوفة فى تلك المناطق .

أما فى مصر ـ حيث لا يشيع استخدام البيوت المبردة ـ فإن زراعة الخيار تكون فى عروتين على النحو التالى (عن مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٨٩) :

١ - عروة خريفية :

يمكن أن تزرع فيها البذور فى ثلاثة مواعيد على النحو التالى :

أ - زراعة مبكرة : تزرع البذور فى أول سبتمبر ، ويجرى الشتل فى منتصف سبتمبر ، ويبدأ الحصاد من منتصف أكتوبر ويستمر إلى أواخر شهر يناير .

ب - زراعة متوسطة : تزرع البذور فى منتصف سبتمبر ، ويجرى الشتل فى أوئل أكتوبر ، ويبدأ الحصاد من أوائل نوفمبر ويستمر إلى منتصف شهر فبراير .

جـ - زراعة متأخرة : تقتصر الزراعة فيها على الأصناف التى تتحمل الحرارة المنخفضة والمقاومة لمرض البياض الزغبى . تزرع البذور فى أوائل أكتوبر ، ويجرى الشتل حوالى ٢٠ - ٢٥ من أكتوبر ، ويبدأ الحصاد من أوائل ديسمبر ويستمر إلى نهاية أبريل.

٢ - عروة ربيعية :

يمكن أن تزرع فيها البذور فى موعدين ؛ كما يلى :

أ - زراعة مبكرة : تزرع البذور فى أوائل يناير ، ويجرى الشتل فى أوائل فبراير ، ويبدأ الحصاد من أواخر فبراير ويستمر إلى أوائل أبريل . ويمكن أن تزرع هذه العروة مكان الزراعة الخريفية المبكرة لأيٍّ من محصولى الخيار أو القاوون .

ب - زراعة متأخرة : تزرع البذور فى منتصف يناير ، ويجرى الشتل فى منتصف فبراير ، ويبدأ الحصاد من منتصف مارس ويستمر إلى أوائل شهر يونيو . ويفضل فى هذه الزراعة استعمالُ الأصنافُ التى تزرع فى الحقول المكشوفة ـ والتى تنخفض أسعار بذورها ـ وذلك نظراً لانخفاض أسعار المحصول خلال معظم فترة الحصاد فى هذه العروة .

وتجب مراعاة توزيع الصوبات المخصصة للخيار على مختلف العروات لتأمين توزيع المحصول والدخل على امتداد موسم الحصاد من منتصف أكتوبر إلى أوائـل شهر يونيـو ، ولكن مع التركيز على العروات التى تعطى جل إنتاجها خلال شهور الشتاء الباردة من أوائل ديسمبر إلى أواخر فبراير ، والتى ترتفع خلالها أسعار الخيار كثيراً .

الزراعة

الزراعة العادية

تزرع البذور فى مكانها الدائم مباشرة فى البيت فى الجو الدافئ ، لكن يفضل إنتاج

الشتلات فى أوعية نمو النباتات . ويعد ذلك إجراءً ضروريًا فى الجو المائل للبرودة . هذا . . ويلزم نحو ٢٤٠٠ - ٣٠٠٠ بذرةٍ لإنتاج شتلاتٍ تكفى لزراعة ١٠٠٠ متر مربع ؛ أى حوالى ١٣٠٠ - ١٦٠٠ بذرةٍ لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ متراً مربعًا .

يكون إنتاج الشتلات ، وإقامة المصاب ، واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة ، والشتل ، واستعمال الأسمدة البادئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع .

يُشْتَل خطَّان من نباتات الخيار - بينهما ٥٠ سم - فى كل مصطبةٍ ، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما . وتكون المسافة بين النباتات - فى الخط الواحد - ٥٠ سم فى العروة الخريفية ، تنقص إلى ٤٠ سم فى العروة الربيعية . ويراعى يأن تكون مواقع الجور متبادلةً فى الخطين (على شكل رِجْل غراب) .

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢ يكون فيها ١٢٠٠ - ١٥٠٠ نباتٍ بكثافة تتراوح بين ٢,٢ نباتًا و ٢,٨ نباتًا / م٢ .

ولم يجد El-Aidy (١٩٩١) فروقاً معنوية فى محصول الخيار بين كثافات زراعة ٢,٠ ، و ٢,٥ ، و ٣,٣ نباتًا / م٢ .

هذا . . إلا أن Kasrawi (١٩٨٩) أوصى بزراعة أصناف الخيار الأنثوية من طراز بيت ألفا بكثافةٍ قدرها ٥,٤ نباتًا / م٢ ؛ وذلك بزراعتها فى خطوط مزدوجة (على مصاطب يبلغ ارتفاعها ٢٠ سم وعرضها ٧٨ سم ، مع مسافة ١٤٢ سم من مركز المصطبة إلى مركز المصطبة التالية) ، تبلغ المسافة بين خطَّى كل زوجٍ منها ٤٠ سم ، مع زراعة النباتات على مسافة ٢٦,٧ سم من بعضها البعض فى الخط الواحد ، وكان الباحث قد قارن كثافات زراعة ٢,٤ ، و ٣,٦ ، ٤,٨ ، و ٥,٤ نباتًا / م٢ بنظم زراعة مختلفةٍ ، ووجد أن المحصول ازداد بزيادة كثافة الزراعة .

الزراعة باستعمال الشتلات المطعومة

سبقت مناقشة موضوع الزراعة باستعمال الشتلات المطعومة فى الفصل السابع .

ويعتبر الخيار أحد أهم محاصيل الخضر التى تستجيب للزراعة بالشتلات المطعومة ؛ حيث يُستعمل غالباً الأصلان : Cucurbita ficifolia ، وSicyos angularis .

وللتحضير لعملية التطعيم يتم أولاً كمر بذور الأصل لمدة ٢٤ ساعةً فى خيشٍ مبللٍ بالماء ؛ حيث يؤدى تشربها بالماء إلى إنباتها فى الوقت نفسه مع بذور الخيار عند زراعتهما معاً . ويرجع ذلك إلى أن قصرة بذور الأصول أكثر صلابة وأقل نفاذية للماء من قصرة بذرة الخيار .

تزرع البذور مفردة فى شتّالاتٍ ذات عيونٍ كبيرةٍ نسبيًّا (مثل شتّالات الاستيروفوم التى تحتوى على ٨٤ عينًا بكلٍّ منها) . وبعد حوالى ١١ - ١٤ يوماً من زراعة البذور تجرى عملية التطعيم ؛ حيث تقلع بادرة الأصل بعنايةٍ من الشتّالة ، ثم يشق ساقها - وهى فى وضعٍ أفقى - من تحت الورقتين الفلقيتين نزولاً إلى أسفل باستعمال شفرة حلاقةٍ حادةٍ ، إلى أن يصل الشق إلى مركز الساق . يلى ذلك تقليع بادرة الخيار وشق ساقها من أسفل الورقتين الفلقيتين - كذلك - ولكن صعوداً إلى أعلى - ويكون مستوى بداية الشق منخفضًا بنحو سنتميترٍ واحدٍ إلى سنتيمترين مقارنةً بالمستوى فى الأصل (يلاحظ أن الشق يكون فى السويقة الجنينية السفلى hypocotyl فى كل من الأصل والطعم) . يلى ذلك وضع شفتى القطع فى البادرتين ، كل منهما فى تجويف الأخرى ، ثم تثبتان معًا بشريطٍ خاصٍ أو بالرافيا .

تشتل النباتات المطعومة بعد ذلك فى أصصٍ صغيرةٍ ، وتترك فى مكانٍ رطبٍ (٨٠٪ - ٩٠ ٪ رطوبة نسبيةً) ومظللٍ (٣٠ ٪ - ٥٠ ٪ تظليلاً) ، ويستعمل لأجل ذلك غطاء من البوليثيلين وشِباك تظليلٍ ، لكن مع مراعاة عدم ارتفاع الحرارة عن ٣٥° م .

وبعد نحو أربعة أيامٍ من عملية الشتل تلك يرفع الغطاء البلاستيكى لعدة ساعاتٍ يوميًّا ، ولكن مع بقاء شبكة التظليل فى مكانها . وفى اليوم التالى - أى بعد نحو ثلاثة أسابيع من زراعة البذور - تقطع القمة النامية للأصل ، ويجرى الشتل فى المكان المستديم بعد ذلك بأيامٍ قليلةٍ . وبعد أيام أخرى قليلةٍ (أى بعد حوالى أربعة أسابيع من زراعة البذور) يتم قطع ساق نبات الخيار أسفل مكان التطعيم ، وتربى على الخيط (عن مجلة الصوب الزراعية - وزارة الزراعة - أكتوبر ١٩٩١) .

ويذكر Zijlstra وآخرون (١٩٩٣) وجود اختلافاتٍ وراثيةٍ بين سلالات الأصل الواحد ، تؤثر على النمو الخضرى لنباتات الخيار وعلى كمية المحصول .

وتعد المقاومة لأمراض الجذور والحزم الوعائية ، وتحمل الحرارة المنخفضة أهم فائدتين لاستعمال الشتلات المطعومة فى الخيار . وقد لخص Kanahama (١٩٩٤) دور الحرارة المنخفضة فى التأثير على التركيب الكيميائى للجذور فى كلٍّ من الخيار وأصوله التى تتحمل انخفاض درجة الحرارة .

الرى

تلزم العناية جيداً بعملية الرى ، إلا أن الإكثار من الرطوبة الأرضية من شأنه إضعاف النباتات وزيادة قابليتها للإصابة بالأمراض التى تصيب النباتات عن طريق الجذور ومن خلال قاعدة الساق . كما أن ابتلال الطبقة السطحية للتربة لفتراتٍ طويلةٍ يؤدى إلى زيادة التبخر السطحى ؛ ومن ثم زيادة الرطوبة النسبية ؛ وهو ما يؤدى إلى زيادة الإصابة بأمراض النموات الهوائية كذلك ؛ ولذا . . يجب الرى حسب حاجة النباتات ؛ الأمر الذى يتطلب الإقلال من الرى خلال موسمى الخريف والشتاء ، وزيادته فى الجو الدافئ .

ويلزم كل نباتٍ فى الأراضى الصحراوية حوالى لترٍ واحدٍ من الماء يوميًا فى بداية حياته ، تزداد ـ تدريجيًا ـ إلى أن تصل إلى نحو ٢,٥ لترٍ يوميًا ابتداءً من منتصف الشهر الثانى من الشتل ؛ وبذا . . تعطى كل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢ حوالى ١,٢ - ١,٦ م٣ من الماء يوميًا فى بداية حياة النبات ، تزداد تدريجيًا ، لتصل إلى نحو ١,٦ - ٤ م٣ فى منتصف الشهر الثانى من النمو . وتعطى هذه الكمية مناصفةً على ريتين يوميًا . وتتوقف الكمية الفعلية التى تعطى من مياه الرى ـ فى كل مرحلةٍ من مراحل النمو ـ على كثافة الزراعة ، ودرجة الحرارة السائدة .

وإذا لوحظت أعراض زيادة الرطوبة الأرضية (كأن يبقى سطح التربة رطبًا لفترةٍ طويلةٍ) لزم خفض كمية مياه الرى بنسبة ٢٥ ٪ - ٥٠ ٪ ، أو وقف الرى كليةً لمدة يوم أو يومين ، أو إلى حين زوال هذه الأعراض . ولا تجب زيادة كمية مياه الرى عن

تلك الموصى بها إلا إذا ظهر ارتخاء على أوراق النباتات فى الأوقات التى تكون فيها الحرارة معتدلةً . أما الارتخاء الذى يظهر على الأوراق بعد الظهيرة فإنه أمر طبيعى لا يستوجب زيادة معدلات الرى .

وبالنسبة للرى فى الأراضى الطميية والثقيلة . . فإنه يجب خفض كميات مياه الرى التى تعطاها النباتات إلى نحو ٥٠ ٪ من تلك الموصى بها فى الأراضى الرملية ، ويكون الرى فيها على فتراتٍ أطول مما تكون عليه الحال فى الأراضى الرملية ، وليس يوميًا .

التسميد

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

أولاً : العناصر المتحركة فى النبات

كما أسلفنا بيانه تحت الطماطم . . فإن العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى ـ عند بلوغها مرحلة الشيخوخة ، أو عند تعرض النبات لنقص فى العنصر ـ إلى الأوراق العليا التى تكون مازالت نشطةً فسيولوجيًا ؛ لذا . . فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية ، ثم تتقدم تدريجيًا نحو الأوراق العليا ، ولكنها نادراً ما تظهر على أحدث الأوراق التى تكون فى قمة النبات .

وتضم العناصر المتحركة ما يلى :

١ - النيتروجين :

فى حالات نقص العنصر يكون النمو متقزماً ، وتكتسب الأوراق السفلى لوناً أخضر مصفراً . وفى حالات النقص الشديدة تكون معظم أوراق النبات ذات لونٍ أخضر شاحب ، ويتوقف نمو الأوراق الحديثة ، وتكون الثمار قصيرة ، وسميكة ، وذات لونٍ أخضر باهت ، وشوكية .

٢ - الفوسفور :

فى حالات نقص العنصر يتقزم النمو ، وعندما يكون النقص شديداً تكون الأوراق

الحديثة صغيرة ، ومتصلبة ، وتكتسب لوناً أخضر قاتمًا ، وتظهر على الفلقتين بقع كبيرة مائية المظهر تشمل العروق والمساحات التى بين العروق .

وفيما بعد .. تذوى الأوراق المتأثرة ، وتكتسب البقع لونًا بنيًّا وتجف الأوراق وتنكمش .

٣ - البوتاسيوم :

عند نقص العنصر تكتسب حواف الأوراق لونا أخضر مصفراً ، ثم تتحول الحواف إلى اللون البنى وتجف. يكون النمو فى النباتات المعرضة لنقص العنصر متقزمًا ، والسلاميات قصيرة ، والأوراق صغيرة . وفى المراحل المتأخرة يظهر اصفرار بين العروق وعند الحواف فى الورقة ، ينتشر تدريجيًّا نحو مركز الورقة ، كما يتقدم الاصفرار من أسفل إلى أعلى فى النبات ، وتجف حواف الأوراق ، وينتشر بها التحلل ، ولكن تبقى العروق خضراء اللون .

٤ - المغنيسيوم :

فى حالات نقص العنصر يظهر اصفرار بين العروق ، يبدأ عند حواف الورقة ، ثم ينتشر ـ تدريجيًّا ـ نحو مركزها ، كما تظهر عليها بقع متحللة ، ولا تبقى العروق الصغيرة خضراء اللون . وفى حالات النقص الشديد تنتشر الأعراض نحو الأوراق العليا الحديثة ، ويظهر الاصفرار على النبات بأكمله ، بينما تجف الأوراق الأولى وتموت .

٥ - الزنك :

يعتبر الزنك من العناصر الصغرى المتحركة فى النبات . يصاحب نقص العنصر ظهور تبرقشات بين العروق على الأوراق السفلية ، مع انتشار ظهور الأعراض تدريجيًّا نحو الأوراق العليا دون أن يظهر عليها أى تحللٍ ، وتتوقف قمة النبات عن النمو ؛ مما يجعل الأوراق العليا تبدو متقاربةً بشدةٍ ، معطيةً النبات مظهراً شجيريًّا .

ثانياً : العناصر غير المتحركة فى النبات

تثبت هذه المجموعة من العناصر فى الأنسجة التى تصل إليها ، ولا تتحرك منها

بعد ذلك ؛ ولذا . . فإن المراحل الأولى للنمو النباتى تَسْتَنْفِذُ ـ فى حالات نقص العنصر ـ القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة ؛ لتظهر أعراض نقص العنصر أولاً على الأوراق العليا من النبات .

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى :

١ - الكالسيوم :

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات ، ويؤدى نقصه إلى ظهور بقعٍ بيضاء عند حواف الأوراق الحديثة وبين العروق فيها ، مع ظهور اصفرار على حواف هذه الأوراق ينتشر داخليًا . تبقى أصغر الأوراق فى القمة النامية للنبات صغيرة الحجم ، وتلتف حوافها إلى أعلى ، ثم تجف وتموت ، كذلك تموت القمة النامية . يكون النمو متقزمًا ، والسلاميات قصيرةً ، خاصة بالقرب من القمة النامية ، بينما تلتف حواف الأوراق الكبيرة نحو الداخل . وفى النهاية يموت النبات من أعلى إلى أسفل .

٢ - الكبريت :

الكبريت ـ كذلك ـ من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات . تبقى الأوراق العليا صغيرة وتنثنى إلى أسفل ، وتصبح خضراء باهتة اللون أو صفراء ، بينما تكون حوافها مسننةً بوضوحٍ . يتوقف النمو ، ويظهر على الأوراق السفلى اصفرار قليل للغاية .

٣ - الحديد :

الحديد من العناصر الصغرى ، ويؤدى نقصه إلى ظهور اصفرار بين العروق فى الأوراق الحديثة ، بينما تظل العروق خضراء اللون لفترةٍ ، ثم ينتشر الاصفرار إلى العروق والورقة بأكملها ، التى تكتسب لوناً أصفر ليمونيًا ، ويظهر بعض التحلل على حواف هذه الأوراق الحديثة المتأثرة . تنتشر الأعراض تدريجيًا من أعلى إلى أسفل ، ويكون النمو النباتى متقزمًا ورهيفًا خيطيًا . كذلك تكتسب الثمار والفروع الجانبية لونًا أصفر ليمونيًا .

٤ - البورون

البورون من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف القمةالنامية والأوراق الصغرى إلى أعلى ، وموت البراعم الإبطية ، مع التفاف الأوراق السفلى إلى أعلى ؛ لتأخذ شكلاً فنجانيًا ، ويبدأ الالتفاف من عند الحواف ، تكون هذه الأوراق متصلبةً ، ويظهر عليها تبرقشات فيما بين العروق . ومع استمرار نقص العناصر تتوقف القمة النامية عن النمو ، ويصبح النبات متقزمًا .

٥ - النحاس :

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى بقاء الأوراق الحديثة صغيرة الحجم ، وإلى تقزم النمو وقِصَر السلاميات واكتساب النباتات مظهرًا شجيريًا . ويظهر على الأوراق السفلى اصفرار على صورة لطخاتٍ blotches فيما بين العروق . ومع تقدم الإصابة تكتسب الأوراق المتأثرة بنقص العنصر لونًا أخضر شاحبًا إلى برونزىّ ، وتتحلل ، ثم تموت ، وينتشر الاصفرار تدريجيًا من الأوراق العليا نحو الأوراق السفلى .

٦ - المنجنيز :

المنجنيز ـ كذلك ـ من العناصر الصغرى . يؤدى نقص العنصر إلى ظهور تبرقشات صفراء بين العروق فى الأوراق العلوية . وفى البداية تكون العروق الصغيرة خضراء اللون ؛ معطيةً الورقة مظهرًا شبكيًا . ومع تقدم الأعراض ينتشر الاصفرار على كل مساحة الورقة عدا العروق الرئيسية ، مع ظهور بقعٍ متحللةٍ غائرةٍ بين العروق ، ويكون النمو متقزمًا ، بينما تكتسب الأوراق السفلية لونًا شاحبًا .

٧ - الموليبدنم

الموليبدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكمياتٍ قليلةٍ جدًا ، ويؤدى نقصه إلى ظهور لونٍ أخضر شاحبٍ فى المساحات بين العروق فى الأوراق الكبيرة ، ثم يتقدم الاصفرار ، إلى أن يذوى نصل الورقة ، وتتقدم الأعراض من الأوراق

الكبيرة إلى أعلى النبات ، مع بقاء الأوراق الحديثة خضراء اللون وتكون الأزهار صغيرة الحجم (عن Resh ١٩٨٥) .

المحاليل المغذية

تستعمل المحاليل المغذية فى المزارع اللاأرضية بنوعيها ، وقد أسلفنا بيانها بالتفصيل فى الفصل الرابع . وفى هذا المقام . . نلقى مزيداً من الضوء على المحاليل المغذية الخاصة بالخيار .

تركيز كلوريد الصوديوم

بالنسبة لتركيز كلوريد الصوديوم فى الماء المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية . . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) أن نمو محصول الخيار انخفضا جوهريًا بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم من ٤ إلى ١٦ ، و ٣٢ ، و ٦٤ مللى مولار / لتر ، وكان التأثير السلبى للملح متزايداً مع الزيادة فى تركيزه . كما وجد Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣) أن زيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى من ٢,٥ إلى ٤,٥ ، و ٦,٥ ، و ٨,٥ مللى موز / سم أحدثت نقصًا جوهريًا فى كلٍّ من الوزنين الطازج والجاف ، ومحصول نباتات الخيار ، وكذلك أحدثت نقصًا فى امتصاصها للماء ، وكان ذلك مصاحبًا بنقصٍ فى معدل النتح ، ودرجة توصيل الثغور للغازات ، مع انخفاضٍ فى نسبة الكالسيوم والبوتاسيوم ، وزيادةٍ مقابلةٍ فى نسبة الكلور والصوديوم فى الجذور . هذا . . بينما لم تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية ، أو معدل البناء الضوئى ، فى الوقت الذى ازدادت فيه نسبة المادة الجافة فى النباتات بزيادة تركيز الأملاح .

تركيز العناصر المغذية

فى دراسة عن تأثير تركيز المحلول المغذى على نمو نباتات الخيار ، ومحصولها ، ونوعية ثمارها (Chung وآخرون ١٩٩٤) استُعمل فيها ربع ونصف التركيز القياسى للأملاح المغذية فى المحلول ، وتركيزها القياسى ، وضعف تركيزها القياسى . . . وُجِدَ ما يلى :

١ - أحدث انخفاض التركيز نقصًا فى كلٍّ من طول النباتات ، ومساحة الأوراق ، والوزنين الطازج والجاف للأوراق والسيقان والجذور .

٢ - نقص كذلك دليل مساحة الورقة LAI ، بينما ازدادت الكفاءة التمثيلية NAR، مع انخفاض تركيز العناصر المغذية .

٣ - حُصِلَ على أعلى محصولٍ عندما استعمل المحلول المغذى القياسى .

٤ - ظهرت أقل نسبة من الثمار المنحنية (١٧ ٪) عندما استعمل ضعف التركيز القياسى .

تأثير نسبة النترات إلى الأمونيوم

قارن Lee وآخرون (١٩٩٣) تأثير استعمال نِسَب مختلفة من النترات إلى الأمونيوم (١٠٠ : صفر ، و ٧٥ : ٢٥ ، و ٥٠ : ٥٠) فى محلول هوجلاند المغـذى ـ مع ثبات التركيز الكلى للنيتروجين فى المحلول ـ على كلٍّ من نمو نباتات الخيار ، ومحصولها ، ونوعية ثمارها ، ووجدوا ما يلى :

١ - كان طول النباتات ، ومساحة أوراقها ، ووزنها الطازج والجاف أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر ، مقارنةً بنسبة ٥٠ : ٥٠ ، ولكنها لم تختلف جوهريًّا عنها عندما استعملت نسبة ٧٥ : ٢٥ .

٢ - كان أعلى محتوى من البوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر .

٣ - كان المحصول أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر أو ٧٥ : ٢٥ عما عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠ ؛ حيث بلغ المحصول ٤,٥ ، و ٣,٩٦ ، و ٢,٣ كجم من الثمار الصالحة للتسويق / نبات فى المعاملات الثلاث ، على التوالى .

٤ - ظهرت أعلى نسبةٍ من الثمار المنحنية عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠ .

٥ - انخفض pH المحلول المغذى ـ تدريجيًّا ـ عندما استعملـت نسبة ٧٥ : ٢٥ ، أو ٥٠ : ٥٠ ، ولكن لم يحدث ذلك عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر .

تأثيرالكالسيوم

قارن Frost & Kretchman (١٩٨٩) تأثير خفض تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى من ١٦٠ إلى ٨٠ ، و ٤٠ جزءًا فى المليون على نوعية ثمار الخيار ، ووجدا أن نمو نباتات الخيار فى مستوى منخفضٍ من الكالسيوم أدى إلى ظهور بقعٍ مائيةٍ متحللةٍ فى بشرة الثمرة ونسيجها الخارجى عند طرفها الزهرى ، كما ظهرت جيوب هوائية عند طرف العنق فى بعض الثمار ، وكان ذلك مصاحبًا بتدهورٍ فى نسيج المشيمة فى هذا الجزء من الثمرة . وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار ، كما انخفض وزنها بانخفاض مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى إلى ٤٠ جزءًا فى المليون .

تأثيرالعناصرالدقيقة

درس Adams وآخرون (١٩٨٩) تأثير عدم التسميد بالعناصر الدقيقة ـ كلٍّ على انفراد ـ على محصول الخيار فى مزارع البيت موس ، ووجدوا أن أكثر العناصر تأثيراً كانت النحاس والبورون ، اللذين أدى حجب أيٍّ منهما من المحلول المغذى إلى نقص المحصول بنسبة تراوحت بين ٧٠ ٪ و ٩٥ ٪ ، وظهرت أعراض نقصهما بشدةٍ عندما انخفض تركيزهما فى البيت موس إلى ٢ ميكروجراما / جم بالنسبة للنحاس ، وإلى ٧ - ١٦ ميكروجراما / جم بالنسبة للبورون . وبالمقارنة . . أدى حجب الحديد إلى انخفاض المحصول بنسبة ١٨ ٪ ، بينما لم يؤثر حجب أيٍّ من المنجنيز ، أو الزنك ، أو الموليبدنم على محصول الخيار .

تأثيرالسيليكون

أدت إضافة السيليكون إلى المحلول المغذى ـ فى مزارع الصوف الصخرى ـ بتركيز ٠,٧٥ مللى مولار باستعمال ميتاسيليكات البوتاسيوم إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣,٢ ٪ ، مقارنةً بمعاملة عدم إضافة السيليكون . كما أحدثت إضافة السيليكون انخفاضًا فى معدل الإصابة بالفطر Fulvia fulva ، ولكن إضافته لم يكن لها أى تأثير على القدرة التخزينية للثمار المنتجة (Tanis ١٩٩١) .

وقد أدى نمو نباتات الخيار فى محلولٍ مغذٍ يحتوى على السيليكون إلى سرعة

ترسيب العنصر فى أنسجة الورقة ، وخاصةً فى قواعد الشعيرات ، مع زيادة فى مقاومة النباتات للفطر Sphaerotheca fuliginea مسبب مرض البياض الدقيقى ، مع تركيز العنصر فى نسيج البشرة حول مواقع الإصابة بالفطر (Samuels وآخرون ١٩٩١) .

وفى مقابل مزايا إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية ، فإنه ـ بتركيز ١٠٠ جزءٍ فى المليون ـ يُكْسِبُ الثمار لونًا شاحبًا غير عاديّ (Samules وآخرون ١٩٩٣) .

تأثير درجة الحرارة وشدة الإضاءة

يذكر Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣ أ) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧ْ م ـ بصورة دائمة ـ فى الرياض بالمملكة العربية السعودية ـ لم يكن مؤثراً على نمو نباتات الخيار أو محصولها ، كما لم يؤثر على استجابة النباتات لمستويين من ملوحة المحلول المغذى ؛ هما : ٢,٥ ، و ٨,٥ مللى موز / سم .

ويستدل من دراسات Adams (١٩٩٣) على أن امتصاص نباتات الخيار للماء ، والنيتروجين ، والبوتاسيوم من المحاليل المغذية ـ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ـ يزداد بزيادة شدة الإضاءة وارتفاع حرارة الهواء ، بينما يزداد امتصاص الفوسفور مع ارتفاع درجة حرارة الجذور .

برنامج التسميد

يتشابه الخيار مع الطماطم فى كثيرٍ من الأمور التى تتعلق بالتسميد ؛ مثل : التسميد السابق للزراعة ، وأنواع الأسمدة المستعملة ، وما تجب مراعاته بشأنها ، وطريقة التسميد ؛ وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع ، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور العامة المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع .

ونقدم ـ فى هذا المقام ـ برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الخيار المحمية فى الأراضى الصحراوية ، كما يلى :

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح

الأراضى - جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومٍ للتسميد (بجميع الأسمدة) ، وتخصيص يومٍ آخر بدون تسميدٍ ، ثم تُعاد الدورة ... وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) :

١ - العروة الخريفية :

السماد	كمية السماد بالجرام /م٣ من مياه الرى خلال شهور سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير
نترات النشادر	٥٠٠	٥٠٠	٦٥٠	-	-
يوريــا	-	-	-	٦٠٠	٤٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٠٠	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥

٢ - العروة الربيعية :

السماد	كمية السماد بالجرام /م٣ من مياه الرى خلال شهور يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو
نترات النشادر	-	-	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠
يوريــا	٥٠٠	٦٥٠	-	-	-
حامض الفوسفوريك	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥
سلفات البوتاسيوم	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٧٠٠	٦٠٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥

وفى كلتا العروتين تضاف العناصر الصغرى رشًّا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين .

ونقدم - فيما يلى - برنامجاً آخر للتسميد التالى للشتل - فى الأراضى الصحراوية - يعد وسطاً بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها ، وفيها يكون التسميد (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢) كما يلى :

تُعْطَى كل جورة (حفرة زراعة) ـ عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل التردِيم عليها) ـ حوالى ١٢٥ مل (سم٣) ـ أى ملء نصف كوب ماءً ـ من سمادٍ بادئٍ يُحضّر بإذابة سمادٍ مركبٍ (ورقيٍّ) ـ غنيٍّ فى محتواه من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور ـ فى الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد / ١٠٠ لتر ماء) .

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة ، وما تعطاه كل صوبةٍ من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . . فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون ـ أسبوعيًا ـ وعلى مدى حوالى ٣ – ٥ شهورٍ من الشتل ـ حسب عروة الزراعة ـ على النحو التالى :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	–	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع	٣	٢,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
الخامس حتى السابع عشر(أ)	٤ – ١٨	١,٥	٠,٧٥	١,٧٥	٠,٥
الثامن عشر والتاسع عشر(ب)	٢	١,٠	٠,٥	١,٥	٠,٢٥
العشرون والحادى والعشرون(جـ)	٢	–	–	–	–

(أ) تختلف هذه الفترة من شهرٍ واحدٍ إلى ثلاثة شهورٍ حسب عروة الزراعة ؛ أى إنها تتراوح ـ تقريباً ـ بين ٤ أسابيع و ١٨ أسبوعاً .

(ب) تمثل هذه الفترة الأسبوعين قبل الأسبوعين الأخيرين من موسم الزراعة (قد تكون ـ مثلاً ـ الأسبوعين العاشر والحادى عشر ، أو الخامس عشر والسادس عشر . . . أو الثامن عشر والتاسع عشر ، حسب العروة) .

(جـ) تمثل هذه الفترة الأسبوعين الأخيرين أيًا كان رقمهما (قد يكونان ـ مثلاً ـ الأسبوعين الثانى عشر والثالث عشر فى العروات القصيرة) .

وبذا . . فإن الكمية الكلية من العناصر التى تحصل عليها كل صوبةٍ ـ قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات ـ تختلف حسب طول موسم النمو ، كما يلى :

طول موسم النمو (شهر)	الكمية الإجمالية من العنصر السمادى (كجم) N	P_2O_5	K_2O	MgO
٣	٣٥	٢٤	٤٠	٥
٤	٤٢	٣٠	٤٧	٨
٥	٥٧	٣٤	٦٤	١٣

ويجب أن تُراعَى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم .

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تتم تغذية الخيار فى الزراعات المحمية بغاز ثانى أكسيد الكربون بصورةٍ روتينيةٍ فى كلٍّ من أوروبا وشمال خط عرض ٣٨ْ شمالاً فى أمريكا الشمالية ، ولكن لم يَحْظَ هذا الإجراء باهتمامٍ يذكر فى المناطق الجنوبية ؛ بسبب قصر الفترة التى تبقى خلالها البيوت المحمية مغلقة أثناء الجو المعتدل أو الدافئ .

ويعد رفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزءٍ فى المليون أمراً روتينيًّا فى المناطق الباردة . فمثلاً . . أدى ذلك فى زراعات شهر يناير ـ فى المملكة المتحدة ـ إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣٠ ٪ ، بينما لم تؤد زيادة تركيز الغاز إلى ١٦٠٠ جزء فى المليون إلى أية زيادةٍ إضافيةٍ فى المحصول إلا عندما رفعت الحرارة ـ كذلك ـ من ٢١ْ إلى ٢٤ْ م ، وكانت الزيادة الإضافية الناتجة عن ذلك فى المحصول المبكر فقط (Slack & Hand ١٩٨٦) ، كما أدت زيادة تركيز الغاز ـ فى ولاية كارولينا الشمالية ـ إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٢٠ ٪ (Peet وآخرون ١٩٩٤) .

أما فى المناطق الدافئة ـ التى تفتح فيها منافذ التهوية لفتراتٍ طويلةٍ من اليوم ـ فقد وجد أن النباتات تستجيب للتعرض لتركيزات عالية من الغاز لفتراتٍ قصيرةٍ ، بينما يكون التعرض لهذه التركيزات العالية سامًّا للنباتات فى الظروف العادية فى المناطق الباردة .

وقد استجابت نباتات الخيار ـ فى البيوت المحمية المهواة ـ لزيادة تركيز الغاز إلى ١٠٠٠ ، و ٣٠٠٠ ، و ٥٠٠٠ جزء فى المليون ؛ حيث ازداد محصول الثمار بنسب تراوحت بين ١٨,٥ ٪ و ٣٤,٥ ٪ (Peet & Willits ١٩٨٧) .

وتؤدى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى إحداث انغلاقٍ جزئىٍّ للثغور ، ولكن ذلك لا يكون له تأثير يذكر على معدل النتح ، الذى لا ينخفض سوى بنسبةٍ قليلةٍ لا تكون مؤثرةً على انتقال العناصر فى النبات ، أو على درجة حرارة الأوراق (Nederhoff & de Graaf ١٩٩٣) .

تربية وتقليم النباتات

تربى نباتات الخيار رأسيًا على خيوطٍ تمتد بطول مترين من سطح الأرض إلى الأسلاك الأفقية التى توجد أعلى خطوط الزراعة . وقد تربط هذه الخيوط من أسفل فى خيطٍ آخر يوجد على سطح التربة بامتداد خط الزراعة ، أو تربط بسيقان النباتات بالقرب من سطح التربة عندما يبلغ طولها حوالى ٥٠ سم . توجه النباتات رأسيًا على هذه الخيوط من وقت ربطها وبصورةٍ منتظمةٍ بعد ذلك ؛ لأن التأخير فى إجراء هذه العملية قد يؤدى إلى كسر الساق أو تَلَفِ الأوراق (شكل ١١ - ١ ، يوجد فى آخر الكتاب) .

ويعتبر تقليم الخيار عمليةً ضروريةً ، الهدف منها إحداث توازنٍ بين النمو الخضرى والثمرى للحصول على إنتاجٍ وفيرٍ . ويتم ذلك بإزالة كل الأفرع الجانبية وكل الأزهار المؤنثة حتى ارتفاع ٤٥ سم من سطح الأرض ؛ لأن الثمار التى تنمو على العقد الأولى، وعلى الأفرع الجانبية التى تنمو على العقد الأولى فإنها غالبًا ما تتدلى وتلامس الأرض ؛ ويتغير لونها وملمسها . أما الأفرع الجانبية التى تنمو بعد ذلك ، فإنه يسمحٍ لها بالنمو حتى يكونّ كل منها عقدتين بهما أزهار مؤنثة ، ثم تقلم . أما الأفرع الثانوية ، فتزال كليةً . يستمر الأمر كذلك إلى أن تصل الساق الرئيسية للنبات إلى السلك المربوط به الخيط ، حينئذ تقلم القمة النامية الرئيسية للنبات ، ويسمح للثلاثة

أفرع الجانبية العلوية بالنمو ، حيث تُوَجَّه على السلك فى اتجاهاتٍ مختلفة ، ويُسمح لها بالتدلى لأسفل دون ربطٍ على الخيط . وفى هذه المرحلة يتوقف التقليم بسبب كثافة النمو (Ware & MaCollum ١٩٨٠) .

وفى طريقة أخرى للتربية يتم تقليم كل الفروع والثمار فى الـ ٤٥ سم السفلية ، بينما يسمح للثمار فقط بالنمو ، وتزال كل الأفرع حتى يصل التقليم إلى الساق الرئيسية للسلك ، وبعد ذلك يسمح للساق الرئيسية بالتدلى قليلاً لأسفل ، ثم تقطع القمة النامية . وفى الوقت نفسه يسمح للأفرع الرئيسية العليا بالنمو حتى تصل إلى السلك وتتدلى حتى تصل إلى نحو مترٍ واحدٍ من الأرض؛ حيث تقطع قممها النامية ، ويسمح للأفرع الجانبية الثانوية بالنمو وحمل الثمار .

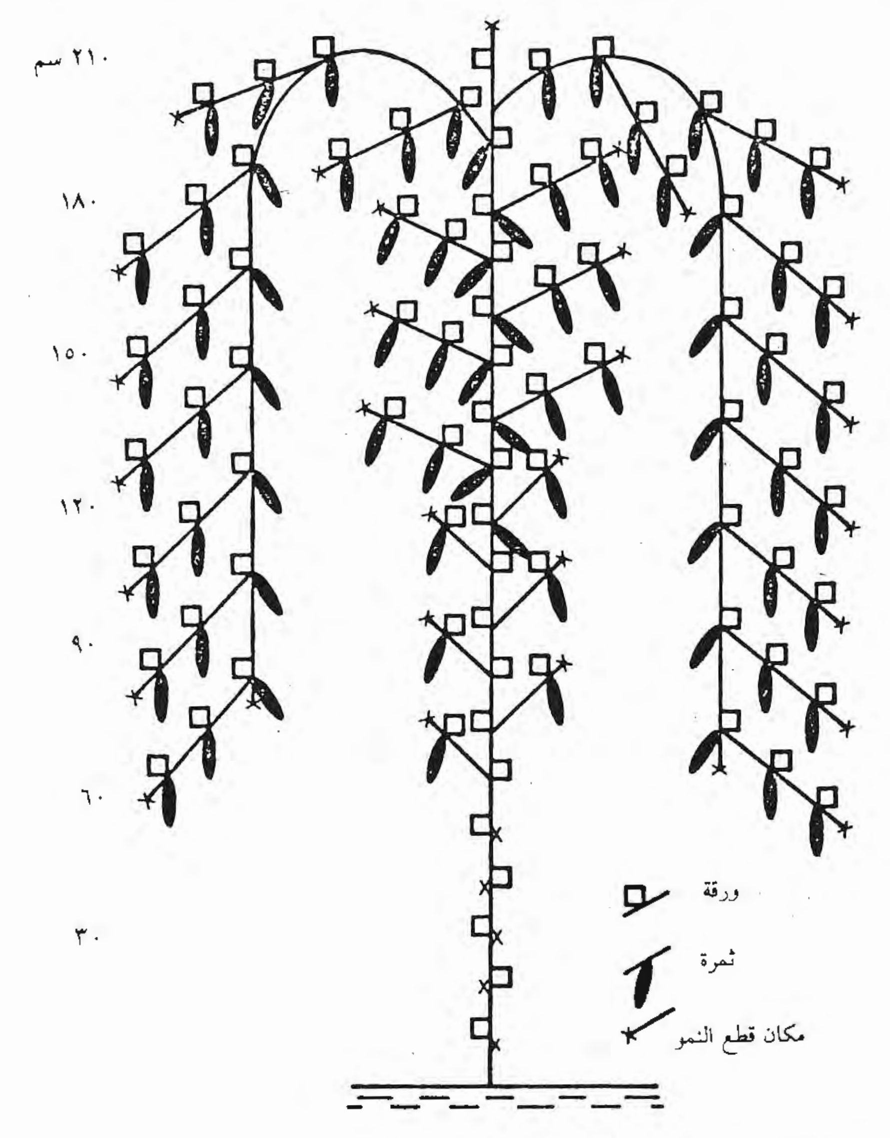
ويعطى Wittwer & Honnma (١٩٧٩) طريقتين لتربية الخيار : فى الطريقة الأولى (شكل ١١ - ٢) يكون التقليم كالتالى :

١ - تُزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى ارتفاع ٦٠سم) .

٢ - يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ، ويسمح كذلك بنمو ثمرةٍ عند العقدة الأولى من كل فرع ، لكن لايسمح بنمو ثمارٍ على الساق الأصلية ، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى ارتفاع ١٢٠ سم) .

٣ - يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ، ويسمح كذلك بنمو ثمرتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع ، وبنمو ثمرةٍ على الساق الأصلية عند كل عقدة . وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى ارتفاع ١٨٠ سم) .

٤ - يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان إلى أسفل من الجانبين ، ويسمح لكل فرعٍ بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبى عند كل عقدة ، كما يسمح لكل فرعٍ جانبيٍ بتكوين ثمرتين ، ثم يقطع بعد العقدة الثانية .



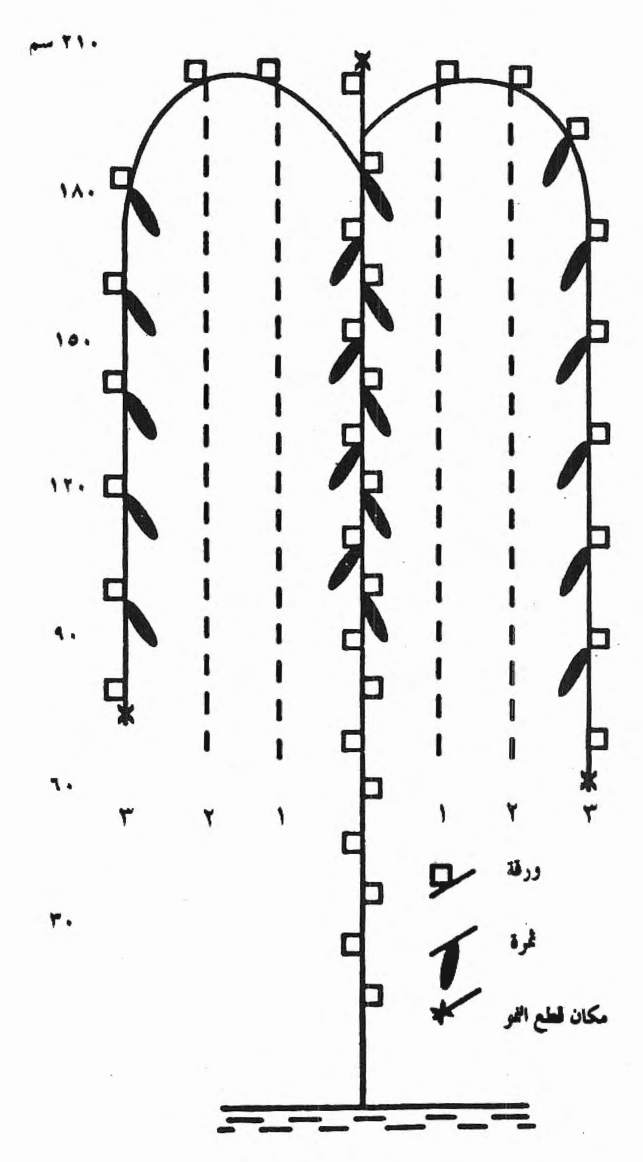
شكل (١١ - ٢) : التربية الرأسية للخيار (الطريقة الأولى) .

أما الطريقة الثانية (شكل ١١-٣) فيكون التقليم فيها كالتالى :

١ - لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد الثمانى الأولى (حتى ارتفاع ٩٠سم).

٢ - يسمح بنمو الثمار على العقد الثمانى التالية ، ولكن لا يسمح بنمو أفرعٍ جانبيةٍ (حتى ارتفاع ١٨٠ سم) .

٣ - يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان إلى أسفل ، ويحمل كل منهما ثماراً عند العقد ، دون أن يسمح بنمو أفرعٍ ثانويةٍ عليها .



شكل (١١ - ٣) : التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية)

وفى مصر ينصح عرفة وآخرون (١٩٨٦) باتباع إحدى طريقتين للتربية كالتالى :

الطريقة الأولى تتبع فى الزراعات المبكرة حتى منتصف أكتوبر ، وفيها تزال جميع الأزهـار والفـروع الجانبـية على الساق الرئيسية حتى ارتفاع مترٍ واحدٍ من سطح الأرض ، ثم تترك الثمار ، ويسمح للأفرع الجانبية بالنمو ، وتكوين ثمرةٍ واحدةٍ عند العقدة الأولى من كل فرع ، ثم تقطع بعد العقدة الأولى . يستمر هذا النظام إلى أن تصل الساق الرئيسية إلى السلك العلوى ؛ حيث تسمح لثلاثة من الأفرع الجانبية العلوية بالنمو ، إلى أن تتدلى من على السلك إلى أسفل ، مع قطع قمة النبات الرئيسية بعد تكوين ثلاث ورقاتٍ فوق مستوى السلك ، وتزال الأفرع الجانبية التى تتكون فى آباطها . وبالنسبة للأفرع الثلاثة التى سمح بنموها لأسفل ، فإنه يُعاد تقليم الفروع الجانبية المتكونة فى آباط أوراقها بعد تكون ورقتين عليها . ويستمر فى إجراء ذلك حتى تصل هذه الأفرع الثلاثة إلى مستوى ٨٠ سم من سطح الأرض ؛ حيث تقطع القمة النامية بكلٍّ منها ، ويسمح بنمو ثلاثة أفرعٍ من كل واحدٍ منها ، وتترك لتتدلى حتى مستوى سطح الأرض . هذه الأفرع تتكون من آباط أوراقها فروع ثانوية ثانية تزال قمتها النامية بعد تَكَوُّن ثلاث أوراقٍ عليها .

أما الطريقـة الثانيـة ، فتتبع فى الزراعات التى تجرى فى النصف الثانى من أكتوبـر (حيث تبدأ درجة الحرارة فى الانخفاض) ، وفيها تزال جميع الثمار والفروع الجانبية على الساق الرئيسية حتى ارتفاع ٥٠ - ٦٠ سم من سطح الأرض ، ثم تـترك الثمار المتكونة بعد ذلك حتى ارتفاع ١,٥ م من سطح الأرض ، كما يسمح فى هذه الأثناء بنمو الأفرع الجانبية وتكوينها ثمرةً واحدة ، ثم تقطع بعد العقدة الأولى . وبعد ذلك تترك على الأفرع الجانبية المتكونة ورقتان ، وتحمل كل منهما ثمرتين . وكما فى الطريقة الأولى ، فإنه يسمح لثلاثة فروع علوية بالنمو والتدلى إلى أسفل ، مع قطع القمة النامية للساق الرئيسية بعد تكوين ثلاث ورقاتٍ أعلى مستوى السلك . وبالنسبة للأفرع الثلاثة المتدلية ، فإنه تتم إزالة قمم الأفرع الجانبية المتكونة عليها بعد تكوين ورقـتين ، ويستـمر ذلك حـتى تصل هذه الأفرع إلى حوالى ٨٠ سم مر الأرض ؛ حيث تُزال قمتها النامية ، ويسمح بنمو ثلاثة أفرعٍ من كلٍ منها كما سبر بيانه فى الطريقة الأولى .

وعمليًا . . يفضل عند تربية نباتات الخيار إزالة أول الفروع الجانبية وأول الثمار المتكونة بمجرد ظهورها ، بينما تُقلّم الفروع الجانبية الخمسة التالية بعد العقدة الأولى . كذلك تُقلّم الفروع الجانبية الستة التالية (أرقام ٧ - ١٢) بعد العقدة الأولى ، ولكن يسمح فيها بنمو الفرع الثانوى (المستوى الثانى للتفريع) ، مع تقليمه بعد العقدة الأولى كذلك . أما الفروع الجانبية التالية . . فإنه يسمح لها بالنمو حتى السلك العلوى بدون تقليم .

وتجدر الإشارة إلى أن نظام تربية النباتات ـ الذى يسمح بنفاذ أكبر قدرٍ من أشعة الشمس من خلال النباتات ـ يؤدى إلى إنتاج ثمارٍ أكثر اخضراراً وذات قـدرةٍ أكبر على التخزين مـن تـلك النظـم التى تحـفز النمو الخضرى الغزير (Klieber وآخرون ١٩٩٣) .

إزالة الأوراق السفلية

يذكر بوراس (١٩٨٥) أنه أيًا كانت طريقة التربية المتبعة . . فلابد من تعرية الساق الرئيسية للنبات ، سواء أكانت قصيرةً أنثويةً ، أم طويلة . وأيًا كانت طريقة التربية المتبعة . . فلابد من تعرية الساق الرئيسية للنبات من جميع النموات ـ بما فى ذلك الأوراق ـ حتى ارتفاع ٣٠ سم فى الأصناف ذات الثمار القصيرة، وحتى ارتفاع ٥٠ سم فى الأصناف ذات الثمار الطويلة ، على أن يتم ذلك بصورةٍ تدريجيةٍ ، وأن تبدأ هذه العملية عند وصول النبات إلى ارتفاع ٧٥ سم ؛ حيث تُزال ورقة أو ورقتان من أسفل مع كل عملية تربية . ويساعد ذلك على تحسين التهوية (شكل ١١ - ٤ ، يوجد فى آخر الكتاب) . كما يجب التخلص من الأوراق والثمار المصابة والمشوهة أولاً بأولٍ مع كل عملية تربية .

ولا يجوز خف الثمار التى تنمو معاً فى العقدة نفسها ؛ لأنها تنمو جميعاً بصورةٍ جيدةٍ ، ويؤدى الخف إلى نقص المحصول . لكن يجب التخلص من أى ثمارٍ ملتويةٍ أو مشوهةٍ ؛ وذلك بمجرد ملاحظتها ؛ لأنها لا تصلح للتسويق .

تحسين عقد الثمار

تفشل - أحياناً - نسبة كبيرة من ثمار الخيار فى العقد ؛ فتتوقف مبايض الأزهار

المؤنثة عن النمو ، ثم تتلون باللون الأصفر ، وبعد ذلك تذبل ، ثم تجف ، ولكنها تظل عالقةً بالنبات . تشاهد هذه الأعراض غالباً فى أزهار عدة عقد متتالية على الساق، ثم تعقد ثمرة أو ثمرتان ، تليها دورة أخرى من الأزهار غير العاقدة ، وهكذا . وقد ترجع هذه الظاهرة إلى أحد الأسباب التالية :

١ - ألا يكون الصنف المزروع ذا مقدرةٍ على العقد البكرى ، وفى هذه الحالة يلزم توفير خلايا النحل بالصوبة لكى تتم عملية التلقيح ، ولكن ذلك أمر نادر فى الزراعات المحمية ؛ لأن الأصناف المستخدمة فيها غالبًا ما تكون ذات مقدرةٍ على العقد البكرى .

٢ - أن يكون الصنف المزروع من الأصناف التى لا تنتج سوى أزهارٍ مؤنثة وغير قادرٍ على العقد البكرى ، وفى هذه الحالة يلزم توفير نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن من الصنف نفسه ، أومن صنفٍ آخر شبيهٍ به بنسبة ١٠ ٪ ؛ لتكون مصدراً لحبوب اللقاح مع إمداد الصوبة بخلايا النحل اللازمة لعملية التلقيح ، ولكن ذلك أمر نادر أيضاً ؛ لأن الأصناف المؤنثة غالبًا ما تكون ذات مقدرةٍ على العقد البكرى .

٣ - أن تكون النباتات مصابةً بأية آفةٍ (فطر ـ بكتيريا ـ فيرس ـ نيماتودا ـ حشرة ـ أكاروس) تحد من نموها وتضعفها ؛ فتصبح غير قادرةٍ على عقد عددٍ كبيرٍ من الثمار ، وتلزم فى هذه الحالة مكافحة الآفة ، لكن الأعراض ربما لا تظهر إلا بعد أن يستحيل تدارك الأمر ، كما فى الأمراض الفيرسية وأمراض الجذور .

٤ - عند زيادة تركيز الأملاح فى التربة أو فى ماء الرى ، ويلزم فى هذه الحالة غسل الأملاح من التربة ؛ بإعطاء ريةٍ غزيرةٍ ، مع استعمال ماءٍ تقل فيه نسبة الأملاح .

٥ - عند نقص معدلات التسميد بالعناصر الكبرى والصغرى عن المستويا يوصى بها ؛ حيث لا تكون النباتات قادرةً على عقد عددٍ كبيرٍ من الثمار . ويلزم فى هذه الحالة تدارك الأمر بالتسميد الجيد .

٦ – عند عدم إجراء عملية التقليم بصورةٍ جيدةٍ ؛ حيث يختل التوازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى لصالح الأول ، كما يؤدى النمو الخضرى الغزير إلى تظليل النباتات بعضها لبعضٍ ؛ فيصبح النمو الخضرى الزائد غير ذى فائدةٍ كبيرةٍ فى توفير الغذاء للثمار . وعلاج ذلك هو الاهتمام بعملية تربية وتقليم النباتات من البداية .

وتؤكد الدراسات الأولية التى أجريت فى هذا الشأن (أحمد عبد المنعم حسن ، وميرغنى محمد ميرغنى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة - بحوث تحت النشر) أن عمليات الرش المتكررة التى تتعرض لها نباتات الخيار فى الزراعات المحمية - سواء أكانت بالمبيدات بمختلف أنواعها ، أم بالأسمدة الورقية - يضر كثيراً بمبايض البراعم الزهرية ، ومبايض الأزهار الحديثة التفتح ، والثمار الصغيرة الحديثة العقد ، ويؤدى إلى اصفرار وذبول نسبةٍ كبيرةٍ منها . وتزداد نسبة الثمار التى تفشل فى إكمال نموها عند تعرضها للمبيدات عما فى حالة تعرضها للأسمدة الورقية ، إلا أن هناك جانبًا ميكانيكًا بحتًا لهذا التأثير ؛ لأن مجرد الرش بالماء - مع توجيه فوهة الرشاشة نحو مبايض الأزهار - أدى إلى فشل نسبةٍ من الثمار فى إكمال نموها . وقد كانت هذه النسبة أقل مما فى حالة الرش بالمبيدات أو بالأسمدة الورقية ؛ مما يعنى حساسية مبايض الأزهار لتلك المركبات إلى جانب حساسيتها للأضرار الميكانيكية الناجمة عن عملية الرش ؛ ولذا . . يوصى بإبعاد بشابيير (بزابيز) الرش قليلاً عن الثمار أثناء إجراء عملية الرش .

الحصاد والمحصول

تتوقف كمية المحصول على الصنف ، ودرجة التحكم البيئى ، ومدى العناية بعمليات الخدمة الزراعية ، ومدة بقاء المحصول فى الأرض . ويمكن فى الظروف الجيدة توقع محصولٍ يصل إلى نحو ١٠ كجم للنبات الواحد من الأصناف الأوروبية خلال فترة الحصاد التى تمتد لنحو ٣ أشهر (Johnson ١٩٨٠) . ويبدأ الحصاد بعد حوالى ٤٥ – ٥٥ يوماً من زراعة البذور أو حوالى ٣٠ – ٤٥ يوماً من الشتل ، حسب الصنف ودرجة الحرارة السائدة ؛ حيث تقصر المدة فى الجو الدافئ .

يكون الحصاد فى الصباح الباكر قبل ارتفاع درجة حرارة الثمار ، مع وضع الثمار فى الظل بعد حصادها . ويجرى الحصاد كل يومين تقريباً فى الجو الدافئ وكل حوالى أربعة أيام فى الجو البارد .

وتبعًا للمنظمة العربية للتنمية الزراعية (١٩٩٥) . . فـإن محصول الخيـار يتراوح - فى مختلف الدول العربية - بين ٦,٤ و ١٦ كجم / م٢ ، بمتوسط قدره ١١,٨ كجم / م٢ . وفى مصر . . . يبلغ المحصول ٢٠ كجم / م٢ عنـد زراعـة عروتين متتاليتين (خريفية مبكرة وربيعية) من الخيار .

الأمراض والآفات ومكافحتها

يصاب الخيار بعديدٍ من الأمراض والآفات ، التى يصعب تناولها بالتفصيل فى هذا الكتاب ، والتى يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى كتاب «القرعيات» للمؤلف (حسن ١٩٨٨) . ونتناول فى هذا المقام - باختصارٍ - عددًا من الأمور العملية المتعلقة بهذا الموضوع .

بدايةً . . يجب الاستفادة القصوى من صفات المقاومة للأمراض المتوفرة فى عديدٍ من هجن الخيار المستعملة فى الزراعات المحمية ؛ فكثير من هذه الهجن متعددة المقاومة للأمراض ؛ مثل أمراض : البياض الدقيقى ، والبياض الزغبى ، والانثراكنوز ، وتبقع الأوراق الزاوى ، والجرب ، وموزايك الخيار . وتعدّ التربية لمقاومة الأمراض من أنشط مجالات التربية فى الخيار (Fletcher ١٩٩٢) .

كذلك تفيد معاملة البيت موس فى خلطة الزراعة بفطر الميكوريزا Trichoderma harzianum فى إنتاج شتلاتٍ قويةٍ النمو أكثر قدرةً على مقاومة الأمراض (Inbar وآخرون ١٩٩٤) .

يُصاب الخيار بعديدٍ من الأمراض والآفات التى تصيب - كذلك - الطماطم - والتى أسلفنا مناقشتها تحت الطماطم ؛ مثل : الذبول الطرى (أو تساقط البادرات) ، وعفن الرقبة ، والعفن الأبيض (أو عفن اسكليروتينيا) ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وفيرس موزايك الخيار ، والذبابة البيضاء ، والمن ، والحفار ، والدودة القارضة ، والعنكبوت الأحمر .

ونتناول – باختصارٍ – مزيدًا من أمراض وآفات الخيار الهامة فيما يلى :

١ – البياض الدقيقى :

يسبب هذا المرض الفطر Erysiphe cichorocearum ، ويظهر على شكل بقعٍ دقيقةٍ بيضاء على السطح العلوى للأوراق . هذه البقع هى جراثيم الفطر . وتشتد الإصابة فى الجو الحار الجاف ، وتؤدى إلى جفاف الأوراق المصابة وموتها . وفى الحالات الشديدة تصاب السيقان والأفرع .

ويكافح المرض بالرش دوريًا كل أسبوعين للوقاية ، وأسبوعيًا للعلاج بالبيلتون ٢٥٪ بتركيز ٠,٠٢٪ ، أو بالروبيجان ١٢٪ بتركيز ٠,١٪ . كما ينصح بزراعة الأصناف المقاومة .

٢ – البياض الزغبى :

يسبب هذا المرض الفطر Peronospora cubensis ، ويعد من أخطر أمراض الخيار فى الزراعات المحمية ؛ نظرًا لأنه ينتشر تحت ظروف الرطوبة الجوية المرتفعة والجو المعتدل الحرارة . وتظهر الأعراض على شكل بقعٍ صفراء على السطح العلوى للورقة ، تتحول عند موت الأنسجة إلى اللون البنى الفاتح . ويقابل هذه البقع نمو زغبى بلونٍ سمنيٍّ أو رماديٍّ على السطح السفلى للورقة . هذا النمو عبارة عن جراثيم الفطر .

ويكافح هذا المرض بالاهتمام بتهوية البيوت المحمية جيدًا ؛ بحيث لا تتكثف الرطوبة على الجدر الداخلية ، كما ترش النباتات كل ١٠ أيامٍ خلال فصل الشتاء للوقاية ، وكل خمسة أيامٍ للعلاج بالريدوميل بتركيز ٠,٠٢٪ ، أو بالداكونيل ٢٧٨٧ بتركيز ٠,٢٥٪ ، أو بالساندوفان بتركيز ٠,٠٢٪ . كما ينصح بزراعة الأصناف المقاومة .

٣ – لفحة الساق الصمغية :

يسبب هذا المرض الفطر Mycospherella melonis (Didymella baryoniae) ، وهو يصيب النباتات عن طريق التربة فى أية مرحلةٍ من نموها . وتظهر الأعراض على

شكل تصمغ مصفرٍ فى منطقة اتصال الساق بسطح التربة ، يمتد داخل الساق . ويكافح المرض بالاهتمام بتعقيم التربة ، مع رش النباتات دوريًا كل ١٠ – ١٥ يومًا للوقاية . وكل ٥ – ٧ أيام للعلاج بالبرافو ٥٠٠ بتركيز ٠,٢٪ ، أو بالداكونيل بتركيز ٠,٢٥٪ .

٤ – تبقع الأوراق الزاوى :

تسبب هذا المرض البكتيريا Pseudomonas syringae pv. lachrymans ، وتظهر الأعراض على شكل بقعٍ مائيةٍ ذات زوايا لاتلبث أن تتحول إلى اللون الأبيض فالرمادى ، ثم تجف وتسقط ؛ فتظهر الورقة وبها ثقوب كثيرة مكان البقع الأصلية وتزداد الإصابة بزيادة الرطوبة الجوية والرطوبة الأرضية .

ويكافح المرض بالتهوية الجيدة ، وزراعة بذورٍ خاليةٍ من البكتيريا . ويعد هـذا المرض – حاليًا – من أمراض الزراعات المحمية فى مصر (El- Sadek وآخرون ١٩٩٢) .

٥ – فيروسات الاصفرار :

يُصاب الخيار – بشدةٍ – بالذبابة البيضاء التى تمتص عصارة النبات ، محدثةً بقعًا صفراء صغيرةً قد تتجمع مكونةً مساحاتٍ كبيرةً ، ولكنَ الأضرار التى تسببها الذبابة البيضاء كآفةٍ حشريةٍ لا تقارن بأضرارها الكبيرة التى تحدث عندما تنقل إلى النباتات واحدًا أو أكثر من فيروسات الاصفرار ، وهى – غالبًا – إما من مجموعة الفيروسات الخيطية Closteirovirus Group ؛ مثل فيرس اصفرار الخس المعدى Lettuce Infectious Yellows Virus فى الولايات المتحدة (Duffus وآخرون ١٩٨٦) ، وفيرس الاصفرار والتقزم فى الإمارات (Hassan & Duffus ١٩٩٠) ، وفيروسات اصفرار أخرى فى إسبانيا (Soria وآخرون ١٩٩٥) ، واليمن (Jones وآخرون ١٩٨٨) ، وإما من مجموعة الفيروسات الجمنى Geminivirus Group ، كما فى أحد فيروسات الاصفرار التى ظهرت فى اليمن (Jones وآخرون ١٩٨٨) . وفى مصر . . وجد كلا النوعين من فيروسات الاصفرار – التى تنقلها الذبابة البيضاء – فى نباتات الخيار والقاوون التى ظهرت عليها أعراض الاصفرار (على مأمون عبد الســلام ، وأحمد عبد المنعم حسن وآخرون – أبحاث تحت النشر) .

تكون الإصابة بفيروسات الاصفرار على صورة اصفرارٍ يبدأ ظهوره بين العروق فى الأوراق السفلى للنبات ، بينما تبقى العروق خضراء اللون ، ثم ينتشر الاصفرار تدريجيًّا نحو الأوراق العليا .

تزداد الإصابة بفيروسات الاصفرار فى العروات الخريفية ، خاصة المبكرة منها ؛ بسبب انتشار الذبابة البيضاء بكثرةٍ فى بداية موسم الزراعة فى هذه العروة ، بينما تقل الإصابة بها فى العروات الربيعية ؛ بسبب انخفاض معدلات الإصابة بالذبابة البيضاء فيها فى بداية الموسم .

ولا سبيل لمكافحة الإصابة الفيرسية إذا ما حدثت بالفعل ، ولكن مكافحة الذبابة البيضاء منذ اليوم الأول لبزوغ البادرات هو السبيل الوحيد لتجنب إصابتها بالفيرس ، وتتبع لأجل ذلك الأساليب نفسها التى سبقت مناقشتها بالنسبة للوقاية من فيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم فى الطماطم .

٦ - فيرس موزايك الزوكينى الأصفر :

من أهم أعراض الإصابة بهذا الفيرس ظهور موزايك واصفرارٍ وتجعداتٍ وتشوهاتٍ بأوراق الخيار ، ومحاصيل الخضر القرعية الأخرى . كذلك تحدث تشوهات بالثمار . ينتقل الفيرس بواسطة المن .

ويكافح المرض بمكافحة حشرة المن الناقلة له. كما وجد Al- Shawan وآخرون (١٩٩٥) - فى السعودية - أن صنف الخيار دينا Dina كان مقاومًا لإحدى عزلات هذا الفيرس فى المملكة ، فى الوقت الذى أصيب بها - بشدةٍ - صنف الخيار فارول Farol .

وتتم الوقاية من أمراض وآفات الخيار - فى الزراعات المحمية - باتباع البرنامج الوقائى التالى :

أولاً : الشتلات :

١ - عند ظهور أفرادٍ من العنكبوت الأحمر ترش النباتات فى الحال بالتدفول أو بالكاثين الزيتى.

٢ – يكافح، المنّ فور ظهور بعض أفراده بالرش بالملاثيون ، أو البريمور ، أو الأكتلك .

٣ – تكافح الذبابة البيضاء – باستمرارٍ – بأحد المبيدات الفعالة ؛ مثل : كونفيدور، وأدماير، وتريبون ، وأكتلك ، ومارشال .

٤ – ترش الشتلات – فى عروة أغسطس وسبتمبر – قبل نقلها بأسبوع بالبايلتون أو الأفيوجان لوقايتها من الإصابة بالبياض الدقيقى .

ثانياً : الرش الوقائى ضد الأمراض والآفات فى المكان الدائم :

١ – العروة الخريفية

أ – ترش النباتات بعد شتلها بأسبوعين – ثم كل أسبوعين بعد ذلك – رشًا وقائيًا ضد مرض البياض الدقيقى باستعمال المبيدات التالية: بايلتون – أفيوجان – روبيجان .

ب – يبدأ الرش الوقائى المشترك ضد مرضى البياض الدقيقى والبياض الزغبى – معًا– بعد نحو شهرٍ إلى شهرٍ ونصف من الشتل ، ثم كل أسبوعين بعد ذلك ؛ وذلك باستعمال المبيدات التالية : تراى ملتوكس فورت – كوبروزان – مانكوبر .

جـ – عند ظهور مرض البياض الزغبى منفردًا يتم الرش بأحد المبيدات العلاجية التالية : ريدوميل بلاس نحاس – ريدوميل / مانكوزيب – ساندوفان .

ويراعى – دائمًا – تبادل استعمال مبيدات مختلفة فى الرشات المتتالية .

د – يستعمل الفايدت السائل مع ماء الرى بعد أسبوعين من الشتل ، ثم عند بداية العقد لأجل الوقاية من الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور . ويفيد ذلك – كذلك – فى الوقاية من بعض الحشرات الثاقبة الماصة .

٢ – العروة الربيعية :

أ – تستعمل للوقاية من الأمراض التى تصيب النباتات عن طريق التربة (م [illegible] ان الجذور ، والذبول ، ولفحة الساق الصمغية) أحد المبيدات المناسبة ؛ مثل : بنليت فيتافاكس / كابتان – تراى ملتوكس فورت – ريدوميل / مانكوزيب . تضاف أى من

هذه المبيدات مع ماء الرى بالتنقيط ، وقد تكرر المعاملة كل أسبوعين عند الضرورة .

ب - يبدأ الرش الوقائى ضد مرض البياض الزغبى بعد أسبوعين من الشتل بالمبيدات نفسها التى أسلفنا بيانها فى العروة الخريفية .

جـ - إذا ظهرت إصابات بمرض البياض الدقيقى . . يتبع فى مكافحته الأسلوب نفسه الذى أسلفنا بيانه فى العروة الخريفية .

د - تكافح نيماتودا تعقد الجذور - كذلك - بالطريقة نفسها التى سبق إيضاحها .

٣ - مكافحة الأمراض الأخرى :

أ - إذا ظهرت إصابة بمرض عفن الثمار الرمادى أو مرض العفن الأبيض تجرى المكافحة سريعًا باستعمال أحد المبيدات التالية : سوميسليكس - روفرال - رونيلان - بنليت .

ب - يكافح مرض تبقع الأوراق الزاوى - البكتيرى - بالرش بالتراى ملتوكس فورت أو بالكوبروزان .

جـ - يكافح الأنثراكنوز إذا ظهر بأحد المبيدات التالية : داكونيل ٢٧٨٧ - برافو ٥٠٠ - انتراكول - كبريت ميكرونى .

٤ - مكافحة الحشرات :

تكافح الحشرات عند ظهور أفراد منها ، كما يلى :

أ - يكافح المن باستعمال أحد المبيدات التالية : ملاثيون - بريمور - أكتلك .

ب - تكافح دودة ورق القطن والديدان القيّاسة باستعمال أحد المبيدات التالية : لانيت - نيودرين - ريلدان .

جـ - تكافح الذبابة البيضاء باستعمال المبيدات المناسبة ؛ مثل : الأكتلك ، والكونفيدور، والمارشال ، والتريبون . كذلك تفيد المكافحة الحيوية باستعمال الزنبور المتطفل Encarsia formosa فى خفض معدلات الإصابة بالذبابة (Boukadida & Michelakis ١٩٩٤) .

٥ - مكافحة العنكبوت الأحمر :

عند ظهور أفرادٍ من العنكبوت الأحمر ترش النباتات بالتديفول أو بالكالثين (عن وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية بتصرف ١٩٩٠) .

٦ - معاملات خاصة لمكافحة الأمراض فى المزارع اللاأرضية :

يكافح فطر البيثيم Pythium ultimum فى المزارع المائية بإضافة السيليكون إلى المحلول المغذى بتركيز ١٠٠ - ٢٠٠ جزءٍ فى المليون من السيليكات Silicate فى صورة سيليكات بوتاسيوم (Chérif & Bélanger ١٩٩٢) ، كذلك يفيد إمرار المحلول المغذى - أثناء دورانه - على مرشحاتٍ خاصة - فى خفض الإصابة بالفطر Pythium aphanidermatum (Goldberg وآخرون ١٩٩٢) .

الفصل الثاني عشر

إنتاج القاوون (الكانتلوب)

تعريف بالقاوون

القـاوون Melon هـو محصول الخضر الذى درج العامة علـى تسميته خطأً بـاسم « كانتلوب Cantaloupe » . فالكانتلوب ليس سوى مجموعة الأصناف البستانية التى تنتمى إلى واحدٍ من الأصناف النباتية العديدة التى يشملها نوع القاوون Cucumis melo ، هو الصنف النباتى C. melo var. cantalupensis .

ويعتبر القاوون والشمام محصولاً واحدًا ، إلا أن لفظة «شمام Sweet melon» تطلق ـ هى الأخرى ـ على أصنافٍ بستانيةٍ خاصةٍ تنتمى إلى صنفٍ نباتيٍّ معينٍ ؛ هو : C. melo var. aegyptiacus ، بينما يطلق اسم قاوون على مجموعاتٍ مختلفةٍ من الأصناف البستانية تنتمى غالبيتها إلى ثلاثة أصنافٍ نباتيةٍ معينة ، وينتمى القليل منها إلى أصنافٍ نباتيةٍ أخرى قليلة الانتشار . ويطلق عليهما معًا ـ أى على الشمام والقاوون ـ اسم بطيخ ، أو بطيخ أصفر فى بعض البلدان العربية .

وتنتمى أصناف القاوون التى تزرع فى البيوت المحمية ـ والتى تعرف خطأً باسم كانتلوب ـ إلى مجموعتين رئيسيتين ؛ هما :

١ ـ مجموعة أصناف القاوون الشبكى :

تتبع أصناف هذه المجموعة الصنف النباتى C. melo var. reticulatus ، ويطلق عليها اسم Muskmelon ، وهى المجموعة التى تشتهر لدى العامة باسم « كانتلوب » ثمار أصناف هذه المجموعة شبكية الجلد ، لونها الداخلى أخضر ، أو أصفر ، أو

برتقالى ، وقد يكون برتقاليا مشوبًا بالحمرة . تنفصل الثمرة غالبًا انفصالاً طبيعيا عن العنق عند النضج . وهى تشمل أهم أصناف الزراعات المحمية من القاوون .

٢ ـ مجموعة أصناف القاوون الأملس :

تتبع أصناف هذه المجموعة الصنف النباتى C. melo var . inodorus ، وهى تشتهر بأسماء طرز الأصناف التى تتبعها ، والتى من أهمها ما يلى :

أ ـ شهد العسل Honey Dew:

تتميز ثمار أصناف هذه المجموعة بجلدها الأملس ولونها الأبيض، ويمثلها الصنف هنى ديو (شهد العسل) Honey Dew . وهى تزرع كذلك فى البيوت المحمية ، ولكن على نطاقٍ ضيق .

ب ـ الكاسابا Casaba :

تتميز ثمار هذه المجموعة بجلدها الخشن المجعد غير الشبكى ، وبلونها الأخضر الذى يتحول إلى الأصفر عند النضج ، ويمثلها الصنف كرينشو Crenshaw . وهى ليست من أصناف الزراعات المحمية .

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

لا تستخدم فى الزراعات المحمية ـ عادةً ـ إلا الأصناف الهجين ذات الإنتاجية العالية والمقاومة لعديدٍ من الأمراض ؛ ومن أهمها ما يلى :

١ ـ جاليا Galia:

النمو النباتى قوى . يتحمل الملوحة ومرض البياض الدقيقى ، ويقاوم مرض الذبول الفيوزارى بمختلف سلالاته . ثماره كروية ، شبكية ، لونها الخارجى أصفر برتقالى عند النضج ، ولونها الداخلى أخضر فاتح ، يتـراوح وزنهـا بين ٠,٧٥٠ و ١,٠ كجم . الثمار مقاومة للتشقق وتصلح للتصدير .

٢ ـ بانشا Pancha:

يتحمل مرض البياض الدقيقى ومقاوم لمرض الذبول الفيوزارى بسلالاته الثلاث . ثماره كروية ، شبكية ، بها تضليع بارز ، لونها الخارجى أبيض مخضر ، والداخلى برتقالى ، فجوتها الداخلية صغيرة ، ويتراوح وزنها بين ٠,٨٥٠ و ١,٢ كجم .

٣ ـ بوليدور Polidor :

مبكر جدا . مقاوم لمرضى البياض الدقيقى والذبول الفيوزارى . ثماره كروية ، بها تعريق شبكى دقيق ، لونها الخارجى أصفر برتقالى والداخلى أخضر فاتح ، ويتراوح وزنها بين ١,٠ ـ ١,٢ كجم . تظهر بثماره نسبة من التشقق ، كما يعد النبات حساسًا للملوحة .

٤ ـ راستو Rasto:

يتحمل هذا الصنف مرض البياض الدقيقى ، ومقاوم لمرض الذبول الفيوزارى بسلالاته الثلاث . ثماره كروية ، شبكية قليلاً ، لونها الخارجى ضارب إلى الخضرة والداخلى برتقالى ضارب إلى الحمرة ، يبلغ وزنها حوالى كيلو جراماً واحداً .

٥ ـ كارلو Carlo:

مبكر جدا . يتحمل مرض البياض الدقيقى ، ومقاوم لمرض الذبول الفيوزارى بمختلف سلالاته . ثماره كروية منضغطة قليلاً ، ملساء ، بها تضليع واضح ، لونها الداخلى برتقالى .

٦ ـ باكيتو Paquito:

ثمـاره بيضاوية الشكل ، شبكية قليلاً ، لونها الخارجى أصفر ضارب إلى الخضرة ، والداخلى برتقالى ، يبلغ وزنها ١,٢٥ كجم ، وتتحمل الشحن . مقاوم لمرض الذبول الفيوزارى بسلالاته الثلاث .

٧ ـ أصناف أخرى من مجموعة جاليا :

من هذه الأصناف : رفيجال Revigal - أرافا Arava ـ كاليا Kalia ـ جاليت Galit ـ جالور Galor .

٨ - جميع الأصناف التى من طراز شارانتيه Charantais: وهى أنسب الأصناف للزراعات المحمية، خاصة إذا كان الهدف تصدير المحصول بطريق الجو إلى الأسواق الأوروبية، وخاصة: فرنسا، وبلچيكا، وسويسرا، وذلك نظراً لارتفاع أسعار هذه الأصناف كثيراً فى تلك الأسواق.

وتبعًا للمنظمة العربية للتنمية الزراعية (١٩٩٥) .. فإن أهم أصناف القاوون المستعملة فى الزراعات المحمية فى مختلف الدول العربية ؛ هى كما يلى :

سويت أناناس ، وردكوين ، وهنى ديو فى البحرين .

جاليا فى المغرب ومصر .

جاليكوم وريجال فى مصر .

بانشا ، وبوليدور ، وشاندو فى ليبيا .

الاحتياجات البيئية

يناسب إنبات بذور القاوون درجة حرارة مرتفعة ؛ حيث تنبت البذور خلال ٣ ـ ٤ أيام فى حرارة ٢٥° م ـ ٣٠° م ، ولا تنبت البذور فى حرارة ١٥° م ، أو أقل من ذلك . أما النمو الخضرى ، فتناسبه ١٨° م – ٢٠°م ليلاً ، و٢٣° م ـ ٢٥° م نهارًا .

ويؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى قصر الساق ، وصغر الأوراق ، والتبكير فى إنتاج الأزهار المؤنثة .

هذا .. بينما تؤدى الحرارة التى تزيد على ٣٠° م إلى ارتفاع معدل التنفس ، وإسراع نضج الثمار ، التى تصبح صفراء اللون ، ولكن ذات محتوى منخفض من السكريات .

وتعد الإضاءة الجيدة ضروريةً للنمو النباتى الجيد وزيادة نسبة السكر فى الثمار ، وزيادتها فى الحجم . أما الرطوبة النسبية المثلى فتتراوح بين ٥٠ ٪ و ٦٠ ٪ ؛ حيث تساعد على العقد الجيد ، وتحسين العقد ، وتكوين الشبَك على الثمار بصورةٍ جيدةٍ .

مواعيد الزراعة

يزرع القاوون فى الزراعات المحمية فى مصر فى عروتين رئيسيتين ؛ هما :

١ ـ عروة خريفية :

تمتد زراعة البذور فى العروة الخريفية خلال الفترة من الأسبوع الأخير من شهر يوليو فى المواعيد المبكرة ، إلى منتصف شهر سبتمبر فى المواعيد المتأخرة . وفى كل الحالات يكون الشتل بعد نحو ١٨ يومًا من زراعة البذور . ويفضل لهذا العروة

استعمال الأصناف المبكرة والمقاومة لمرض البياض الدقيقى والبياض الزغبى .

تستكمل النباتات نموها الخضرى قبل حلول الجو البارد ؛ حيث يبدأ الحصاد خلال ٧٥ يومًا من الشتل ، ويستمر لمدة ٤ ـ ٦ أسابيع ؛ أى يتم الانتهاء من الحصاد وتقليع النباتات خلال ١٠٠ ـ ١٢٠ يومًا من الشتل فى مثل هذه الأصناف المبكرة . ويعنى ذلك أن حصاد القاوون يستمر فى الزراعات الثلاث من أواخر أكتوبر إلى آخر يناير . وينتج النبات الواحد فى الزراعة الشتوية هذه ٣ ـ ٤ ثمراتٍ فى المتوسط زنة ، كل منها من ٠,٧٥٠ ـ ١,٠ كيلو جرام .

٢ ـ عروة ربيعية :

تمتد زراعة البذور فى العروة الربيعية خلال الفترة من منتصف ديسمبر فى المواعيد المبكرة ، إلى أوائل شهر فبراير فى المواعيد المتأخرة . ويكون الشتل بعد نحو ٣ ـ ٤ أسابيع من زراعة البذور حسب درجة الحرارة السائدة .

تبدأ هذه العروة فى إعطاء محصولها بعد ٧٠ يومًا فقط من الشتل، ويستمر حصادها لمدة ٤ أسابيع ؛ أى إنها تعطى محصولها خلال شهر أبريل قبل بداية موسم الحصاد فى الزراعات المكشوفة،وزراعات الأنفاق البلاستيكية المنخفضة ، ويستمر الحصاد حتى شهر مايو . ينتج النبات الواحد فى الزراعة الصيفية ٤ ـ ٥ ثمار فى المتوسط ، زنة كلٍّ منها ١ ـ ١,٥ كجم .

وفى العروتين تكون جميع الثمار التى ينتجها النبات على أفرعٍ أوليةٍ تخرج من الساق الرئيسية للنبات على امتداد ١,٥ مترًا بعد المتر الأول الذى يقلم جيدًا . هذا . . ويسمح بعقد ٥ ـ ٦ ثمار ، ثم تخف وهى صغيرة على العدد المناسب (٣ ـ ٤ فى العروة الشتوية و ٤ ـ ٥ فى العروة الصيفية) . وإلى جانب ذلك . . يتراوح إنتاج نباتات العروة الصيفية أيضًا بين ثمرةٍ واحدةٍ وثمرتين اثنتين بكل نباتٍ على القمة النامية المتدلية بعد وصولها إلى السلك .

الزراعة

يلزم نحو ٨٠ ـ ٩٠ جم من بذور القاوون لإنتاج شتلاتٍ تكفى لزراعة مساحة ١٠٠٠ مترٍ مربعٍ من الأرض ، أو حوالى ٤٥ ـ ٥٠ جم من البذور لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢ .

يكون إنتاج الشتلات ، وإقامة المصاطب ، واستعمال الغطا البلاستيكى للتربة ، والشتل ، واستعمال الأسمدة البادئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع .

وكما فى الخيار . . يشتل خطان من نباتات القاوون ـ بينهما ٥٠ سم ـ فى كل مصطبة ، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما . وتكون المسافة بين النباتات ـ فى الخط الواحد ـ ٥٠ سم فى العروة الخريفية ، تنقص إلى ٤٠ سم فى العروة الربيعية . ويراعى أن تكون مواقع الجور متبادلةً فى الخطين (على شكل رِجْلِ غراب) .

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م٢ يكون فيها ١٢٠٠ ـ ١٥٠٠ نباتٍ ، بكثافةٍ تتراوح بين ٢,٢ نباتًا و ٢,٨ نباتًا / م٢ .

ومن المعروف أن القاوون من أكثر محاصيل الخضر استجابةً لاستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة . وتحت الظروف المصرية . . وجد Salman (١٩٩١) أن استعمال الأغطية البلاستيكية الشفافة للتربة ـ فى البيوت المحمية ـ أدى إلى رفع درجة حرارة التربة ، وحرارة الهواء حول النباتات ، إلا أن المعاملة لم تكن مؤثرةً على المحصول .

الرى

على الرغم من أن توفر الرطوبة الأرضية يعد عاملاً هاما للنمو النباتى الجيد ، إلاّ أنه يتعين الحرص الشديد فى رى القاوون ؛ نظرًا لحساسيته المفرطة للماء ؛ فمن الضرورى تقليل الرى ، خاصةً خلال فترتين من حياة النبات ؛ هما :

١ ـ من بداية عقد الثمار حتى وصولها إلى قطر حوالى ٨ سم ؛ حيث تكون الثمار خلال هذه المرحلة حساسةً وقابلةً للتشقق عند زيادة الرطوبة الأرضية .

٢ ـ بمجرد وصول الثمار إلى حجمها الطبيعى ؛ لأن ذلك يفيد فى زيادة نسبة السكر فى الثمار ويحد من تشققها .

كما يفيد تقليل الرى ـ بصورةٍ عامةٍ ـ فى الحد من الإصابة بأعفان الجذور . وفى الأراضى الثقيلة . . يفيد تقليل الرى فى بداية حياة النبات فى تحفيز الجذور إلى التعمق فى التربة وتكوين مجموعٍ جذريٍّ قويٍّ .

وفى الأراضى الصحراوية ذات النفاذية العالية يروى القاوون بمعدل لترٍ واحدٍ / نبات يوميا لمدة حوالى ١٠ أيامٍ بعد الشتل ، ثم تزداد كمية مياه الرى تدريجيا إلى أن تصل إلى حوالى ٣ لترات / نبات يوميا بعد نحو خمسة أسابيع من الشتل ، تنخفض بعدها كمية مياه الرى بصورةٍ تدريجيةٍ ، إلى أن تصل إلى حوالى ١,٥ لترًا / نبات ؛ ابتداءً من الأسبوع السادس بعد الشتل حتى نهاية فترة الحصاد .

ويعنى ذلك أن كمية مياه الرى التى تُعطاها صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢ ،و تحتوى ـ فى المتوسط ـ على ١٣٥٠ نباتًا تقدر بنحو ١,٤ م٣ يوميًا فى بداية حياة النبات ، تزداد تدريجيا إلى حوالى ٤ أمتار مكعبة بعد نحو خمسة أسابيع من الشتل ، ثم تنخفض بعدها ـ تدريجيا ـ إلى أن تصل إلى حوالى مترين مكعبين يوميا بعد نحو ٧ أسابيع من الشتل وحتى نهاية موسم الحصاد . هذا . . وتقسم كمية الماء المخصصة لكل صوبةٍ على ريتين : واحدة صباحية حوالى التاسعة صباحًا ، والأخرى مسائية حوالى الثالثة بعد الظهر .

التسميد

يتشابه القاوون مع الخيار والطماطم فى كثيرٍ من الأمور التى تتعلق بالتسميد ؛ مثل : التسميد السابق للزراعة ، وأنواع الأسمدة المستعملة ، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد ؛ وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور العامة المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع

ونقدم ـ فى هذا المقام ـ برنامجين مختلفين لتسميد زراعات القاوون المحمية فى الأراضى الصحراوية ، كما يلى :

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ـ جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومٍ للتسميد (بجميع الأسمدة) ، ويومٍ آخر بدون تسميدٍ ثم تُعاد الدورة . . . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) :

١ ـ العروة الخريفية

السماد	كمية السماد بالجرام / م^3 من مياه الرى خلال شهور			
	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
نترات النشادر	٥٠٠	٣٠٠	٣٥٠	–
يوريا	–	–	–	٤٠٠
حامض الفوسفوريك	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٧٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	٦٠

٢ ـ العروة الربيعية

السماد	كمية السماد بالجرام / م^3 من مياه الرى خلال شهور			
	يناير	فبراير	مارس	أبريل
نترات النشادر	٤٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٥٠٠
يوريا	٢٠٠	–	–	–
حامض الفوسفوريك	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
سلفات البوتاسيوم	٦٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٦٠٠
سلفات المغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠

وعندما يكون الشتل فى أى موعدٍ آخر ـ غير شهر سبتمبر فى العروة الخريفية وشهر يناير فى العروة الربيعية ـ فإن برنامج التسميد يستمر ـ حسب عمر النبات ـ كما لو كان الشتل فى شهر سبتمبر ، أو يناير فى العروتين على التوالى. وعندما تكون فترة النمو المحصولى المتوقعة أقل من أربعة شهورٍ ، فإن الفرق يحسب ـ فى

برنامج التسميد ـ من الشهرين الثانى والثالث بعد الشتل ، مع بقاء برنامج التسميد الموضح أعلاه ـ خلال الشهرين الأول والأخير فى كل عروة ـ كما هو .

وفى كلتا العروتين تضاف العناصر الصغرى رشًا بنسبة ٢, ٠ ٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين .

ونقدم ـ فيما يلى ـ برنامجًا آخر للتسميد التالى للشتل ـ فى الأراضى الصحراوية ـ يعد وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالَى فيها ، وفيها يكون التسميد (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م ٢) كما يلى :

تعطى كل جورةٍ (حفرة زراعة) ـ عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل التردِيم عليها) ـ حوالى ١٢٥ مل (سم٣) ـ أى ملء نصف كوب ماء ـ من سمادٍ بادئٍ يُحضّر بإذابة سمادٍ مركبٍ (ورقيّ) ـ غنيٍ فى محتواه من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور ـ فى الماء بنسبة ٢, ٠ ٪ (٢٠٠ جم من السماد / ١٠٠ لتر ماء) .

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة ، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سماديةٍ مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . . فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكليو جرام) يكون ـ أسبوعيا ـ وعلى مدى حوالى ١٠٠ يومٍ إلى ١٢٠ يومًا من الشتل ـ حسب عروة الزراعة ـ على النحو التالى:

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	–	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع	٣	٢,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
الخامس إلى الثالث عشر (أ)	٦ ـ ٩	١,٥	٠,٧٥	١,٧٥	٠,٥٠
الرابع عشر والخامس عشر (ب)	٢	١,٠	٠,٥	١,٥٠	٠,٢٥
السادس عشر والسابع عشر (جـ)	٢	٠,٥	–	١,٢٥	–

(أ) تختلف هذه الفترة من ستة أسابيع إلى تسعة أسابيع حسب عروة الزراعة ؛ حيث تكون طويلةً فى العروة الخريفية ، وتقصر فى العروة الربيعية .

(ب) تمثل هذه الفترة الأسبوعين السابقين للأسبوعين الأخيرين من موسم الزراعة (قد تكون ـ مثلاً ـ

الأسبوعين الحادى عشر والثانى عشر ، أو الثانى عشر والثالث عشر . . . أو الرابع عشر والخامس عشر ، حسب عروة الزراعة) .

(جـ) تمثل هذه الفترة الأسبوعين الأخيرين ـ أيا كان رقمهما (قد يكونان ـ مثلاً ـ الأسبوعين الثالث والرابع عشر فى العروات القصيرة) .

وبذا . . فإن الكمية الكلية من العناصر التى تَحْصُل عليها كل صوبة ـ قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات ـ تختلف حسب طول موسم النمو ، كما يلى :

طول موسم النمو (أسبوع)	الكمية الإجمالية من العنصر السمادى			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
١٤	٣٩,٥	٢٦	٤٦	٧
١٥	٤١	٢٧	٤٨	٧,٥
١٦	٤٢,٥	٢٨,٥	٤٩	٨
١٧	٤٤	٢٩	٥١	٨,٥

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها فى البرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم .

التربية والتقليم

تربى نباتات القاوون رأسيا كما تربى نباتات الخيار ، لكن تقليم القاوون يختلف عما فى الخيار ، فتُزال الأفرع والأزهار حتى ارتفاع ٦٠ سم ، ثم يحافظ بعد ذلك على ٥ ـ ٦ أفرع جانبية بدون تقليم ؛ حيث تترك إلى أن تحمل جميعها ثماراً ، ثم تقلم كلها فى وقتٍ واحدٍ بعد الثمرة مباشرةً ، وبمجرد أن تصل الثمار إلى حجم البيضة . وفى حالة وفرة النمو الخضرى تقلم الأفرع التالية حتى الورقة الثانية أو الثالثة .

وفى طريقةٍ أخرى للتربية . . تقطع القمة النامية للساق الرئيسية فوق الورقة الحقيقية الثانية ؛ فينمو نتيجة لذلك فرعان جانبيان جديدان يُزال أَضْعَفُهما نموا ، ويوجه الآخر على الخيط . وتُزال كل الثمار التى تعقد حتى ارتفاع ٥٠ سم (إلاّ إذا

كان التبكير أمرًا هاما) ، وكذلك النموات الجانبية ، ثم تترك النموات الجانبية والثمار التى تتكون بعد ذلك ، ثم تُقصَّر على ورقتين بعد الثمرة العاقدة حينما يصل قطرها إلى نحو ١,٥ ـ ٢ سم .

وفى كلتا الطريقتين يسمح للساق المرباة بالنمو ، إلى أن تصل إلى سلك حامل المحصول ، ثم توجه على السلك لمسافة سلاميتين ، وتترك بعد ذلك لتتدلى إلى أسفل ، إلى أن تقترب من سطح الأرض بنحو ٧٠ سم ؛ حيث تقطع قمتها النامية، مع استمرار تقليم الفروع الجانبية بعد الورقة الثانية أو الثالثة . ولكن لا يسمح بعقد أكثر من خمس ثمراتٍ على كل نباتٍ ؛ لكى يكتمل نموها بصورةٍ جيدةٍ .

تحسين عقد الثمار

يعد النحل ضروريا لإجراء عملية التلقيح فى البيوت المحمية ؛ لذلك يلزم توفير خلايا النحل على مقربةٍ من الصوبات أو بداخلها . وحتى إذا أتلفت المبيدات جانبًا من خلايا النحل ، فإن الفرق فى المحصول يكون كبيرًا ، ويغطى كل التكاليف . وفيما عدا ذلك . . فإنه لا توجد مشاكل فى عقد الثمار فى الجو المعتدل الرطب . أما فى الجو الحار الجاف ، فإن حبوب اللقاح تجف ولا تعلق بجسم النحلة ؛ ولذلك يلزم فى هذه الظروف تشغيل جهاز الرى بالضباب لمدة عشرة دقائق ثلاث مراتٍ يوميا فى الصباح ، ووقت الظهيرة ، وفى المساء خلال فترة عقد الثمار . ويساعد ذلك على تلطيف الجو ، ورفع درجة الرطوبة ، وتحسين العقد بصورةٍ جوهرية .

أما محاولة تلقيح الأزهار يدويا ، فإنها لا تجدى ؛ لأن الثمار المتكونة بهذه الطريقة تكون ـ عادةً ـ مشوهةً وغير منتظمة الشكل .

الحصاد والمحصول

يتراوح محصول القاوون ـ فى مختلف الدول العربية ـ بين ٢,٤ كجم ، و١٠ كجم / م٢ ، بمتوسط قدره ٤,٩ كجم / م٢ . ويمثل الحدَّان الأدنى والأقصى متوسطَ الإنتاج فى كلٍّ من مصر والبحرين على التوالى (المنظمة العربية للتنمية

الزراعية ١٩٩٥) . هذا .. إلا أن المحصول يقدر فى عديدٍ من مزارع القاوون المحمية فى مصر بنحو ٦ ـ ٨ كجم / م٢ .

ويبدأ حصاد ثمار القاوون ـ عادةً ـ بعد نحو ٧٥ يومًا من الشتل ، ويستمر لمدة ٤٥ يومًا ، ولكن المدة قد تزيد أو تنقص قليلاً عن ذلك ، وهو ما يتوقف على الصنف ودرجة الحرارة السائدة . وتقطف الثمار كل ٢ ـ ٣ أيام .

الأمراض والآفات ومكافحتها

يصاب القاوون بالأمراض والآفات نفسها التى تُصيب الخيار ، وتكافح بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الخيار .

الفصل الثالث عشر

إنتاج الفاصوليا

تعرف الفاصوليا العادية الخضراء Snap Beans بالاسم العلمى Phaseolus vulgaris L. ، وهى من محاصيل الجو الدافئ التى تنجح زراعتها فى البيوت المحمية خلال فصل الشتاء ، بينما يصعب إنتاجها فى الحقول المكشوفة بسبب انخفاض درجة الحرارة .

وفى مصر .. تزرع الفاصوليا الخضراء فى البيوت المحمية - أساسًا - لأجل التصدير ؛ نظراً لأن معظم إنتاجها يكون خلال الفترة من يناير إلى مارس ، التى يكثر فيها الطلب على الفاصوليا فى السوق الأوروبية .

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

على الرغم من أنه يمكن زراعة الأصناف القصيرة ، إلا أنه يفضل استعمال الأصناف الطويلة المتسلقة ؛ لتحقيق أكبر استفادةٍ ممكنةٍ من المساحة المتاحة .

ومن أهم أصناف الزراعات المحمية ما يلى :

١ - سربو Serbo :

نموه الخضرى قوى . القرون خضراء خالية من الخيوط (الألياف) الجانبية . مناسب للتصدير .

٢ - هيلدا Helda :

نموه الخضرى قوى . القرون طويلة يبلغ طولها حوالى ٢٠ - ٢٥ سم ، منضغطة ، خالية من الخيوط الجانبية . مناسب للتصدير .

ومن بين أصناف الفاصوليا الخضراء التى تنتشر زراعتها - فى الزراعات المحمية - فى مختلف الدول العربية ما يلى :

بلوليك فى البحرين .

سربو فى مصر والإمارات .

هيلدا ونوفاكس فى مصر .

دايا مونت وسانتيل فى الإمارات .

مواعيد الزراعة

تزرع بـذور الفاصوليا خلال الفترة من منتصف أكتوبر إلى منتصف نوفمبر ، ولا تجوز الزراعة بعد ذلك ؛ لأن بذور الفاصوليا لاتنبت إذا انخفضت درجة حرارة التربة عن ١٥° م ، كما أن الزراعة قبل منتصف أكتوبر غير مجدية ؛ لأن إنتاج الأنفاق المنخفضة والحقول المكشوفة يكون منافسًا لمحصول الزراعات المحمية .

الزراعة

يلزم نحو ١,٥ ـ ٢ كجم من البذور لزراعة صوبةٍ مساحتها ٥٤٠ م^{٢} .

تقام المصاطب بالطريقة نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع . وكما أوضحنا فى محاصيل الخضر الأخرى . . تزرع الفاصوليا فى خطين - بينهما ٥٠ سم - فى كل مصطبةٍ ، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما .

تزرع البذور فى الأرض مباشرةً فى جورٍ على مسافة ٥٠ سم من بعضها البعض فى الخط الواحد ، على أن تكون مواقع الجور متبادلةً فى الخطين على جانبى خرطوم الرى (على شكل رِجْل غراب) . تكون الزراعة فى تربةٍ مستحرثةٍ (أى يكون قد سبق ريها ، ثم تركب إلى أن يتبقى بها حوالى ٥٠ ٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية) ، بمعدل ثلاث بذورٍ فى كل جورةٍ فى أركان مثلث متساوى الأضلاع . وتغطى البذور بتربةٍ رطبةٍ جافة .

وفى الأراضى الثقيلة لا تروى الفاصوليا بعد الزراعة إلى أن يتم الإنبات ، ولكن فى الأراضى الصحراوية ذات النفاذية العالية فإن الفاصوليا تروى ريا خفيفًا بعد الزراعة ، ثم يوميا بعد ذلك إلى أن يتم الإنبات . وتجدر الإشارة إلى أن زيادة الرى خلال هذه الفترة تؤدى إلى تعفن البذور فى التربة ،

ويلزم إجراء عملية الترقيع للجور الغائبة بعد حوالى ٧ ـ ١٠ أيامٍ من الزراعة .

وقد تزرع الفاصوليا فى جُوَرٍ تبعد إحداها عن الأخرى بمسافة ٢٥ سم فى الخط الواحد ، مع زراعة بذرتين فى كل جورة .

وبذا نجد أن كثافة الزراعة تتراواح بين ٦,٧ نباتا / م^{٢} فى الطريقة الأولى للزراعة و ٩ نباتات / م^{٢} فى الطريقة الثانية .

الرى

تعد الفاصوليا من أكثر محاصيل الخضر حساسية لزيادة الرطوبة الأرضية ، أو نقصها؛ لذا . . يجب الحرص التام بحيث تحصل النباتات على حاجتها من مياه الرى بانتظامٍ ، خاصة خلال مراحل النمو الأولى حتى الإزهار وبداية عقد الثمار .

التسميد

تتشابه الفاصوليا مع محاصيل الخضر الأخرى التى أسلفنا بيانها فى كثيرٍ من الأمور التى تتعلق بالتسميد ؛ مثل : التسميد السابق للزراعة ، وأنواع الأسمدة المستعملة ، وما تجب مراعاته بشأنها ، وطريقة التسميد ، وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع ، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع .

ولكن . . نظرًا لحساسية الفاصوليا ـ بوجهٍ خاصٍّ ـ لنقص عنصرى المنجنيز والزنك واستجابتها الواضحة للتسميد بهما ـ لذا . . يتعين إضافتهما ضمن الأسمدة السابقة للزراعة فى صورة سلفات منجنيز وسلفات زنك بمعدل ٤ كجم من كلٍّ منهما .

ونقدم ـ فى هذا المقام ـ برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الفاصوليا المحمية فى الأراضى الصحراوية ؛ كما يلى :

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومٍ للتسميد (بجميع الأسمدة) ، ويخصص يوم آخر بدون تسميد ، ثم تُعاد الدورة . . . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) .

١ ـ عروة أكتوبر :

السماد	كمية السماد بالجرام / م^٣ من مياه الرى خلال شهور				
	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير
نترات النشادر	٥٠٠	٥٠٠	٦٥٠	–	–
يوريا	–	–	–	٦٠٠	٤٠٠
حامض فوسفوريك	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
سلفات بوتاسيوم	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠
سلفات مغنيسيوم	١٠٠	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥

٢ ـ عروة نوفمبر :

السماد	كمية السماد بالجرام / م^٣ من مياه الرى خلال شهور					
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل
نترات النشادر	٥٠٠	–	–	–	٤٠٠	٣٠٠
يوريا	–	٥٠٠	٦٥٠	٥٠٠	–	–
حامض فوسفوريك	٦٠٠	٧٠٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات بوتاسيوم	٦٠٠	٧٠٠	٨٥٠	١٠٠٠	٨٥٠	٨٥٠
سلفات مغنيسيوم	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٥٠	١٢٥	١٢٥

وفى كلتا العروتين تضاف العناصر الصغرى رشا بنسبة ٠,٢ ٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين .

ونقدم ـ فيما يلى ـ برنامجًا آخر للتسميد يعد وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها ، وفيه تعطى النباتات ـ بالإضافة إلى التسميد السابق للزراعة ـ كميات

العناصر السمادية - موزعةً - أسبوعيا (بالكيلو جرام) - وعلى مدى حوالى ١٦٥ يومًا (٢٤ أسبوعًا) على النحو التالى :

الأسبوع بعد الشتل	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع	١,٥	١,٥	١	٠,٢٥
الخامس إلى االثامن	٢	١,٧٥	١,٥	٠,٥٠
التاسع إلى الرابع عشر	٢,٥	٢,٢٥	١,٧٥	٠,٥٠
الخامس عشر ألى التاسع عشر	١,٧٥	١,٧٥	١,٧٥	٠,٢٥
العشرون إلى الثانى والعشرين	١,٥	١	١,٥	٠,٢٥
الثالث والعشرون إلى الرابع والعشرين	-	-	-	-

وبذا . . فإن الكمية الكلية من العناصر التى تحصل عليها كل صوبةٍ - قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات - تقدر بنحو : ٦١ كجم N ،و ٥٢ كجم P_2O_5 ،و ٥٧ كجم K_2O ، و ١٠ كجم MgO .

وتحصل النباتات على حاجتها من العناصر الصغرى بطريق الرش كل أسبوعين .

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور ، والبدائل ، والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم .

التربية

تربى نباتات الفاصوليا رأسيا ، كل منها على خيطٍ مستقلٍّ يربط طرفه الأول بالساق فى أسفل أولى الأوراق الحقيقية للبنات ، بينما يربط طرفه الآخر فى سلك حامل المحصول . ويراعى إبعاد الخيوط الخاصة بنباتات كل جورةٍ عن بعضها من أعلى عند السلك ؛ لكى تنفذ وتتوزع أشعة الشمس بتجانسٍ على جميع النباتات ، التى تلف بانتظامٍ على الخيوط . هذا . . ولا تقلّم نباتات الفاصوليا .

المحصول

يتراوح محصول الفاصوليا الخضراء - فى البيوت المحمية - فى مختلف الدول

العربية بين ٣,٥ و ١٢ كجم للمتر المربع (كما فى البحرين) ، بمتوسط قدره ٦,٧ كجم / م٢ . ويقدر متوسط الإنتاج فى مصر بنحو ٤,٦ كجم / م٢ (المنظمة العربية للتنمية الزراعية ١٩٩٥) .

الأمراض والآفات ومكافحتها

تصاب الفاصوليا - فى الزراعات المحمية - بعديد من الأمراض ؛ من أهمها ما يلى :

المرض	المسبب
أولاً : الأمراض الفطرية	
العفن الفحمى	Macrophomina phaseoli
تساقط البادرات	Rhizoctonia solani & Sclerotium rolfsii
الاصفرار الفيوزارى	Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli
البياض الدقيقى	Erysiphe polygoni
عفن أو تقرح الساق الرايزكتونى	Rhizoctonia solani
عفن الجذور الفيوزارى	Fusarium solani f. sp. phaseoli
مرض اسكليروتينيا	Sclerotinia sclerotiorum
الصدأ	Uromyces phaseoli var . typica
الأنثراكنوز	Colletotrichum lindemuthianum
العفن الرمادى	Botrytis cinerea
ثانيًا : الأمراض البكتيرية	
اللفحة الهالية	Pseudomonas syringae pv. phaseolicola
اللفحة العادية	Xanthomonas campestris pv. phaseoli
ثالثًا : الأمراض الفيروسية	
موزايك الفاصوليا العادى	Bean Common Mosaic Virus
موزايك الفاصوليا الأصفر	Bean Yellow Mosaic Virus
رابعًا : الأمراض النيماتودية	
النيماتودا المتحوصلة	Heterodera spp.
نيماتودا التقرح	Pratylenchus spp.
النيماتودا الكلوية	Rotylenchulus reniformis
نيماتودا تعقد الجذور	Meloidogyne spp.

كذلك تصاب الفاصوليا بالعنكبوت الأحمر ، وبعديدٍ من الحشرات ؛ منها : المن ، والذبابة البيضاء ، والتربس ، والدودة القارضة ، وصانعات الأنفاق وذبابة الفاصوليا ، ودودة ورق القطن .

ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الأمراض والآفات وطرق مكافحتها فى حسن (١٩٨٩) . ونكتفى ـ فى هذا المقام ـ بالإشارة إلى أهم وسائل المكافحة ، كما يلى :

تكافح أعفان الجذور – بمختلف أنواعها – بمعاملة البذور بأحد المبيدات المناسبة ؛ مثل : الفيتافاكس ، أو الفيتافاكس / كاتبان ، أو التكتو ، أو المونسرين ، أو الدياثين ، مع تجنب زيادة معدلات الرى .

٢ ـ يكافح الصدأ بالرش بالكبريت الميكرونى ، أو البلانتافاكس ، أو السابرول .

٣ ـ يكافح المن بالرش بالملاثيون ، أو البريمور ، أو الأكتلك ، أو التوكثيون .

٤ ـ تكافح الذبابة البيضاء بالرش بالأكتليك، أو الكونفيدور .

٥ ـ تكافح دودة ورق القطن بالرش بالنيودرين .

٦ ـ تكافح ذبابة الفاصوليا بالرش بالسيفين القابل للبلل .

٧ ـ يكافح العنكبوت الأحمر بالرش بالكالثين ، أو الكالثين الميكرونى ، أو التديفول .

٨ ـ تكافح الأمراض الفيروسية بزراعة الأصناف المقاومة .

هذا .. ويفيد خفض الرطوبة النسبية وتجنب الرى الرذاذى أو تكثف الندى بغزارةٍ على النباتات فى تقليل الإصابة بالأمراض الفطرية و البكتيرية .

مصـــادر الكتـــاب

أبو الروس ، سمير عبد الوهاب ، ومحمد أحمد شريف (١٩٩٥) . الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة . دار النشر للجامعات المصرية . مكتبة الوفاء - القاهرة - ٣٧٢ صفحة .

باسيلى ، جورج (١٩٨٦) . اقتصاديات الزراعة فى البيوت المحمية . ندوة «الزراعة المحمية » ٢٩ يوليو ١٩٨٦ - الجمعية المصرية للهندسة الزراعية - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .

البلتاجى ، محمد السيد توفيق ، وأيمن فريد أبو حديد ، وأحمد عبد الفتاح ، وعبد المعطى شاهين (١٩٩١) . إعداد الأرض للزراعة . مشروع الزراعة المحمية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى - ٤٢ صفحة.

بوراس ، متيادى (١٩٨٥) . خضار خاصٍ : الزراعة المحمية، الجزء النظرى، جامعة دمشق، دمشق - ٣٣٢ صفحة.

توفيق، محمد فؤاد (١٩٩٣). المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية . وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى - جمهورية مصر العربية - ٧٢٢ صفحة .

جانيك ، جوليوس (١٩٨٥) . علم البساتين . ترجمة جميل فهمى سوريال وآخرين . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٦٥٩ صفحة .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨ أ) . الطماطم . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٣٣١ صفحة .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨ ب) . القرعيات . الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة - ٢٠٧ صفحات .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٩٧ أ) . أساسيات وفسيولوجيا الخضر . المكتبة الأكاديمية - القاهرة ٥٩٦ صفحة .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٩٧ ب) . تكنولوجيا إنتاج الخضر . المكتبة الأكاديمية - القاهرة - ٦٢٥ صفحة .

حسن ، أحمد عبد المنعم (١٩٩٨) . الأساليب الزراعية المكتاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر . المكتبة الأكاديمية - القاهرة .

سالم ، محمد حمدى (١٩٨٥) . اقتصاديات الزراعة المحمية بدولة الكويت . الزراعة والتنمية فى الوطن العربى - المجلد الرابع - العدد الخامس - صفحات ٧ - ١١ .

عبد الهادى ، نزيه (١٩٧٤) . المواصفات الفنية للبوليثيلى المستعمل للأغراض الزراعية . رسالة المرشد الزراعى - الحلقة ١٠٧ - صفحات ١ - ٤ . وزارة الزراعة - الجمهورية العراقية .

عبد الهادى ، نزية (١٩٧٨) . زراعة الخضر تحت الأنفاق البلاستيكية المتوسط الحجم . وزارة الأشغال العامة ، الكويت . ورقة إرشادية رقم (٢) ، ١٤ صفحة .

عرفة ، عرفة إمام ، وحامد مزيد ، وصلاح الدين محمدين ، وحسنى خليفة ، ومحمد صلاح الدين يوسف (١٩٨٦) . إنتاج الخضر تحت الصوبات البلاستيك . وزارة الزراعة والأمن الغذائى - جمهورية مصر العربية - ٣٤ صفحة .

عرقاوى ، نبيل (١٩٨٤) ، البيوت البلاستيكية الزراعية وإنتاج الخضار والأزهار والفاكهة . المطبعة التعاونية - دمشق - ١٩١ صفحة .

مشروع الزراعة المحمية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى - جمهورية مصر العربية (١٩٨٩) . محاضرات فى الزراعة المحمية - ١١٢٤ صفحة .

مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية (١٩٩٢) . اقتصاديات الزراعة تحت الصوب بالقطاع الخاص – الجزء الأول – مركز المعلومات والتوثيق – ٣١٨ صفحة .

المنظمة العربية للتنمية الزراعية – جامعة الدول العربية (١٩٩٥) . دراسة حول الزراعة المحمية فى الوطن العربى والمشروعات اللازمة لتطويرها ووقايتها . الخرطوم – ٢٢٤ صفحة .

وزارة الزراعة والثروة السمكية – دولة الإمارات العربية المتحدة (١٩٨٢) . إنتاج الخضروات المحمية – ٨٣ صفحة .

Abak, K., A. Bascetincelik, N. Baytorun, Ö. Altuntas, and H.H. Öztürk. 1994. Influence of double plastic cover and thermal screens on greenhouse temperature, yield and quality of tomato. Acta Hort. No. 366: 149 - 154. (c.a. Hort. Abstr. 65: 6014, 1995).

Adams, P. 1986. Mineral nutrition. In J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 281 - 234. Chapman and Hall, London.

Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the untrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. J. Hort. Sci. 66: 201 - 207.

Adams, P. 1993. Crop nutrition in hydropomics. Acta Horticulturae No. 323: 289 - 305.

Adams, P. 1994. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. Acta Horticulturae No. 366: 405 - 416.

Adams, P. and L.C. Ho. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. J. Hort. Sci. 64: 725 - 732.

Al-Harbi, A.R. and S.W. Burrage. 1993. Effect of NaCl salinity on growth of cucumber Cucumis sativus L. grown in NFT. Acta Horticulturae No. 323 : 39 - 50.

Al-Harbi, A.R. and S.W. Burrage. 1993. Effect of root temperature and Ca level in the nutrient solution on the growth of cucumber under saline conditions. Acta Horticulturae 323: 61 - 73.

Allen, P.G. 1973. Carbon dioxide enrichment. In H.G. Kingham (Ed.) "The U.K. Tomato Manual"; pp. 156 - 162. Grower Books, London.

Aloni, B., L. Karni, and I. Rylski. 1995. Inhibition of heat induced pepper (Capsicum annuum) flower abscission and induction of fruit malformation by silver thiosulphate. J. Hort. Sci. 70 (2): 215 - 220.

Al-Shahwan, I.M., O.A. Abdalla, and M.A. Al-Saleh. 1995. Response of greenhouse-grown cucumber cultivars to an isolate of zucchini yellow mosaic virus (ZYMV). Plant Disease 79 (9): 898 - 901.

American Society for Agricultural Engineers. 1980. Controlled atmospheres for plant growth. ASAE Pub. PROC-270.

Aminuddin, H., R. Khalip, K. Norayah, and H. Alias. 1993. Urea as the nitrogen source in NFT hydroponic system. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science 16 (2): 87 - 94. (c.a. Hort. Abstr. 65: 5872, 1995).

Anonymous. 1980. Programme for early tomato production in peat. An Foras Taluntais, Kinsealy Res. Centre, Dublin. 38 p.

Araki, Y. 1994. Growth of greenhouse-grown tomato irrigated on the basis of plant or soil moisture status. (In Japanese with English summary). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 63(1): 91 - 97. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2178, 1995).

Asian Vegetable Research and Development Center. 1986. Hydroponics breakthrough. Centerpoint 5(1): 5.

Bachem, C.W.B., G.J. Speckmann, P.C.G. van der Linde, F.T.M. Verheggen, M.D. Hunt, J.C. Steffens, and M. Zabeau. 1994. Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers. Bio/Technology 12(11): 1101 - 1105.

Bakker, J.C. 1989. The effects of temperature on flowering, fruit set and

fruit development of glasshouse sweet pepper (Capsicum annuum L.). J. Hort. Sci. 64: 313 - 320.

Bakker, J.C. 1990. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse eggplant (Solanum melongena L.) J. Hort. Sci. 65 : 747 - 753.

Bakker, J.C. 1990 Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.). J. Hort. Sci. 65: 323 - 331.

Bakker, J.C. and Sonneveld. 1988. Calcium deficiency of glasshouse cucumer as affected by environmental humidity and mineral nutrituion. J. Hort. Sci. 63: 241 - 246.

Bakker, J.C., G.W.H. Welles and J.A.M. van Uffelen. 1987. The effects of day and night humidity on yield and quality of glasshouse cucumbers. J. Hort. Sci. 62: 363 - 370.

Ball, V. (Ed.). 1985. (14th ed.). Ball red book: greenhouse growing. Reston Pub. Co., Reston, Virginia. 720 p.

Balerin, S., A. Bourely, and F. Selvila. 1991. Mobile robotics applied to fruit harvesting: the case of greenhouse tomatoes. In "Automated Agriculture for the 21st Century"; pp. 236 - 244. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan. (c.a. Hort. Abstr. 63: 1260, 1993).

Banda, H.J. and R.J. Paxton. 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. Acta Horticulturae No. 288: 194 - 198.

Bascetlincelik, A., K. Abak, N. Baytorun, H.H. Öztürk, and Ö. Altuntas. 1994. The effects of double covered roof and thermal screens on internal solar radiation and tomato plant growth in plastic houses. Acta Horticulturae No. 366: 141 - 148.

Behboudian, M.H. and C. Tod. 1995. Postharvest attributes of "Virosa" tomato produced in an enriched carbon dioxide environment. HortScience 30 (3): 490 - 491.

Blain, J., A. Gosselin, and M.J. Trudel. 1987. Influence of HPS supplementary lighting on growth and yield of greenhouse cucumbers. HortScience 22: 36 - 38.

Boatfield, G. and I. Hamilton. 1990. Calculations for agriculture and horticulture. Farming Pr., Suffolk, England. 116 p.

Boivin, C., A. Gosselin, and M.J. Trudel. 1987. Effect of supplementary lighting on transplant growth and yield of greenhouse tomato. HortScience 22: 1266 - 1268.

Boodley, J.W. 1981. The commercial greenhouse handbook. Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. 568 p.

Boukadida, R. and S. Michelakis. 1994. The use of Encarsia formosa in integrated programs to control the whitefly Trialeurodes vaporariorum Westw. (Hom., Aleyrodidae) on greenhouse cucumber. Journal of Applied Entomology 118 (2): 203 - 208.

Bres, W. and L.A. Weston. 1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soiless medium. HortScience 28 (10): 1005 - 1007.

Breuer, J.J.G. and A.M.G. Kieboom. 1981. Hortiplus glass is not yet economically justifiale. Vakblad voor de Bloemisterij 35 (44): 134 - 135.

Bulder, H.A.M., A.P.M. den Nijs, E.J. Speek, P.R. van Hasselt, and P.J.C. Kuiper. 1991. The effect of low root temperature on growth and lipid composition of low temperature tolerant rootstock genotypes for cucumber. Journal of Plant Physiology 138 (6): 661 - 666.

Burrage, S.W. 1993. Nutrient film technique in protected cultivation. Acta Horticulturae No. 323: 23 - 38.

Buyanovsky, G., J. Gale and N. Degani. 1981. Ultra-violet radiation for the inactivation of microorganisms in hydroponics. Plant and Soil 60: 131 - 136.

Buysens, S., M. Höfte, and J. Poppe. 1993. Control of Pythium spp. in nu-

trient film technique systems with fluorescent pseudomonads. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent 58 (3b): 1279 - 1286. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2188, 1995).

Campiotti, C.A., P. Rocchi, M.F. Salice, and R. Taggi. 1991. Yield of cucumber and zucchini cvs. under non-heated greenhouses with different covers. Acta Horticulturae No. 287: 443 - 450.

Carmi, A. 1993. Effects of shading and CO_2 enrichment on photosynthesis and yield of winter grown tomatoes in subtropical regions. Photosynthetica 28(3): 455 - 463.

Carpenter, T.D. 1982. Analyzing and managing nutrituion of vegetables grown in upright polyethylene bags. J. Plant Nutrition 5: 1083 - 1089.

Carrai, C. 1993. Root-rot of lettuce grown in Nft cultivation. (In Italian with English summary). Colture Protette 22(6): 77 - 81. (c.a. Rev. Plant Path. 73: 2947, 1994).

Castilla, N. and J. Lopez-Galvez. 1994. Vegetable crop responses in improved low-cost plastic greenhouses. Journal of Horticultural Science 69(5): 915 - 921.

Cave, C.R.J. 1991. The effect of intermittent irrigation with cold nutrient solution on the growth of tomato seedlings propagated in rockwool. J.Hort. Sci. 66: 871 - 788.

Cerda, A. and V. Martinez. 1988. Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. J. Hort. Sci. 63: 451 - 458.

Challa, H. 1980. Physiological aspects of radiation heating in glass house culture. Groenten en Fruit 36(8): 38 - 39.

Chambers, R.J., S. Long, and N.L. Helyer. 1993. Effectiveness of Orius laevigatus (Hem.: Anthocoridae) for the control of Frankliniella occidentalis on cucumber and pepper in the UK. Biocontrol Science and Technology 3(3): 295 - 307. (c.a. Hort. Abstr. 65: 3046, 1995).

Cherif, M. and R.R. Belanger. 1992. Use of potassium silicate amendments

in recirculationg nutrient solutions to suppress Pythium ultimum on long English cucumber. Plant Disease 76: 1008 - 1011.

Chérif, M., J.G. Menzies, D.L. Ehret, C. Bogdanoff, and R.R. Bélanger. 1994. Yield of cucumber infected with Pythium aphanidermatum when grown with soluble silicon. HortScience 29 (8): 896 - 897.

Chi, S.H. and G.S. Han. 1994. Effect of nitrogen concentration in the nutrient solution during the first 20 days after planting on the growth and fruit yield of tomato plants. Journal of Korean Soc. Hort. Sci. 35 (5): 415 - 420. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2184, 1995).

Chung, S.J., J.Y. Cho, B.S. Lee, and B.S. Seo. 1994. Effects of ionic strength of untrient solution on the growth and yield of cucumber plant grown by deep flow technique (DFT). (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(4): 289 - 293. (c.a. Hort. Abstr. 65: 5907, 1995).

Cockshull, K.E. and L.C, Ho. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. J. Hort. Sci. 70 (3): 395 - 407.

Cockshull, K.E., C.J. Graves, and C.R.J. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 67: 11 - 24.

Collins, W.L. and M.H. Jensen. 1983. Hydroponics: a 1983 technology overview. The environmental Research Laboratory, Univ. Ariz., Tucson. 119 p.

Coltman, R.R. and S.A. Riede. 1992. Monitoring the potassium status of greenhouse tomatoes using quick petiole sap tests. HortScience 27: 361 - 364.

Cooper, A. 1982. Nutrient film technique. The English Language Book Society, London. 185 p.

Cribb, D.M., D.W. Hand, and R.N. Edmondson. 1993. A comparative study of the effects of using the honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. J. Hort. Sci. 68: 79 - 88.

David, P.P., P.V. Nelson, and D.C. Sanders. 1994. A humic acid improves

growth of tomato seedling in solution culture. Journal of Plant Nutrition 17(1): 173 - 184.

Devlin, R.M. 1975. Plant physiology. D. Van Nostrand Co., N.Y. 600 p.

Dhanvantari, B.N. and A.P. Papadopoulos. 1995. Suppression of bacterial stem rot (Erwinia carotovora subsp. carotovora) by a high potassium-to-nitrogen ratio in the nutrient soultion of hydroponically grown tomato. Plant Disease 79(1): 83.

Dieleman, J.A. and E. Heuvelink. 1992. Factors affecting the number of leaves preceeding the first inflorescence in the tomato. J. Hort. Sci. 67: 1 - 10.

Douglas, J.S. 1985. Advanced guide to hydroponics. Pelham Books, London. 368 p.

Drews, M. 1991. Does the quantity of drainage water affect the yield of tomatoes? (In German). Gartenbau Magazin 38 (12): 9 - 11. (c.a. Hort. Abstr. 64: 7124, 1994).

Duffus, J.E., R.C. Larsen and H.Y. Liu. 1986. Lettuce infectious yellows virus - a new type of whitefly-transmitted virus. Phytopathology 76: 97 - 100.

Economakis, C.D. 1993. The influence of solution heating and intermittent solution circulation on the production of flowers and fruits of tomatoes in nutrient film culture. In "Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992"; pp. 131 - 143. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7091, 1995).

Ehert, D.L. and L.C. Ho. 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture J. Hort. Sci. 61: 361 - 367.

Elad, Y., M.L. Gullino, D. Stienberg, and C. Aloni. 1995. Managing Botrytis cinerea on tomatoes in greenhouses in the Mediterranean. Crop Protection 14(2): 105 - 109.

El-Aidy, F. 1991. The effects of planting date, density, variety and shade

on production of cucumber under tunnels. Acta Horticulturae No. 287: 281 - 288.

El-Behairy, U.A., A.F. Abou-Hadid, A.S. El-Beltagy, and S.W. Burrage. 1991. Intermittent circulation for earlier tomato yield under nutrient film technique (NFT). Acta Horticulturae No. 287: 267 - 272.

El-Ghaouth, A.,J . Arul, J. Grenier, N. Benhamou, A. Asselin, and R. Bélanger. 1994. Effect of chitosan on cucumber plants: Suppression of Pythium aphanidermatum and induction of defense reactions. Phytopathology 84(3): 313 - 320.

El-Sadek, S.A.M., M.R. Abdel-Latif, T.I. Adel-Gawad, and N.A. Hussein. 1992. Occurrence of angular leaf spot disease in greenhouse cucumbers in Egypt. J. Microbiology 27(2): 157 - 175.

Eltez, R.Z. and Y. Tüzel. 1994. Effects of different nulch materials on yield and quality of greenhouse tomato crop. Plasticulture No. 103: 23 - 25.

Etoh, T. 1994. Recent studies on leaf, flower, stem and root vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64(2): 121 - 129.

Evans-McLeod, D. 1993. The effects of total ion concentration and flow rate on lettuce growth. In "Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992"; pp. 145 - 163. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c.a. Hort. Abstr. 65: 6973, 1995).

Fang, W., T. Iwao, T. Fujiura, K. Takeyama, G. Im, and M. Iwasaki. 1995. Improvenemt of solution culture systems. Influence of components of an aeration nozzole on dissolved oxygen. Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery 57(1): 41 - 49. (c.a. Hort. Abstr. 65: 8547, 1995).

Fernandez, J.E. and B.J. Bailey. 1994. The influence of fans on environmental conditions in greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research 58(3): 201 - 210. (c.a. Hort. Abstr. 65: 414, 1995).

Feuilloley, P., G. Issanchou, J.C. Jacques, S. Guillaume, C. Mekikdjian, J.F. Mirabella, and A. Merlot. 1994. Plasticulture No. 103: 2 - 10.

Fierro, A., N. Tremblay, and A. Gosselin. 1994. Supplemental carbon dioxide and light improved tomato and pepper seedling growth and yield. HortScience 29(3): 152 - 154.

Fletcher, J.T. 1984. Diseases of greenhouse plants. Longman, London. 351 p.

Fletcher, J.T. 1992. Disease resistance in protected crops and mushrooms. Euphytica 63: 33 - 49.

Fontes, M.R. 1973. Controlled-environment horticulture in the Arabian desert of Abu Dhabi. HortScience 8: 13 - 16.

Foti, S., G. Mauromicale, and S. Cosentino. 1991. Effects of supplementary lighting on the biological and agronomic behaviour of snap bean, cucumber and sunmer squash in cold greenhouse. Acta Horticulturae No. 287: 51 - 58.

Francescangeli, N., J. Ferratto, H. Busilacchi, and M.A. Lara. 1994. Greenhouse shading: Effects on microclimate and yield of summer-autumn tomatoes. (In Spanish with English summary). Horticultura Argentina 13(33): 58 - 64. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7079, 1995).

French, C.J., M. Elder, and F. Skelton. 1993. Recovering and identifying infectious plant viruses in guttation fluid. HortScience 28: 746 - 747.

Frost, D.J. and D.W. Kretchman. 1989. Calcium deficiency reduces cucumber fruit and seed quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 552 - 556.

Fujime, Y., N. Okuda, K. Kakibuchi, and K. Mori. 1991. Effects of solution level on plant growth and development of cherry tomato. (In Japanese with English summary). Technical Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagawa University 43(2): 111 - 118. (c.a. Hort. Abstr. 64: 4583, 1995).

Fuller, D.J. 1973. Training systems. In H.G. Kingham (Ed.) "The U.K. Tomato Manual"; pp. 127 - 136. Grower Books, London.

Gagné, S., L. Dehbi, D. le Quéré, F. Cayer, J.L. Morin, R. Lemay, and N. Fournier. 1993. Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat-based growing media. soil Biology & Biochemistry 25(2): 269 - 272.

Gaudreau, L., J. Charbonneau, L.-P. Vézina, and A. Gosselin. 1994. Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse-grown lettuce. HortScience 29(11): 1285 - 1289.

Gent, M.P.N. and V. Malerba. 1994. Heating soil with hot air improves early yield and quality of greenhouse tomatoes. HortTechnology 4(3): 277 - 281.

Geraldson, C.M. 1982. Tomato productivity and the associated composition of the hydroponic or soil solution. J. Plant Nutrition 5: 1091 - 1098.

Gold, S.E. and M.E. Stanghellini. 1985. Effects of temperature on pythium root rot of spinach grown under hydroponic conditions. Phytopathology 75: 333 - 337.

Goldberg, N.P., M.E. Stanghellini, and S.L. Rasmussen. 1992. Filtration as a method for controlling pythium root rot of hydroponically grown cucumbers. Plant Disease 76: 777 - 779.

Gosselin, A., F.P. Chalifour, M.J. Trudel, and N.G. Gendro. 1984. Effect of substrate temperature and nitrogen fertilization on growth, development, nitrogen content and nitrate reductase activity in tomatoes. Canad. J. Plant Science 64: 181 - 191.

Gould, H.J. 1987. Protected crops. In A.J. Burn, T.H. Coaker, and P.C. Jepson (Eds) "Integrated Pest Management"; pp. 403 - 424. Academic Pr., London.

Grange, R.I. and D.W. Hand. 1987. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. J. Hort. Sci. 62: 125 - 134.

Grote, D. and C. Bucsi. 1992. Control of Phytophthora nicotianae var. nic-

otianae in tomatoes under glasshouse soilless culture conditions. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 57(4): 183 - 189. (c.a. Rev. Plant Path. 74: 2884, 1995).

Gunes, A., W.N.K. Post, E.A. Kirkby, and M. Aktas. 1994. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. Journal of Plant Nutrition 17(11): 1929 - 1938.

Ha, S.K., B.S. Lee, B.S. Suh, and S.J. Chung. 1993. Effect of hydroponic system and ionic concentrations on growth of lettuce (Lactuca sativa L.). Journal of the Korean Society for Horticultural Science 34(1): 1 - 6.

Hanan, J.J., W.D. Holley, and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530 p.

Hand, D.W. and R.W. Soffe. 1971. Light-modulated temperature control and the response of greenhouse tomatoes to different CO_2 regimes. J. Hort. Sci. 46: 381 - 396.

Hand, D.W., J.W. Wilson, and M.A. Hannah. 1993. Light interception by a row crop of glasshouse peppers. J. Hort. Sci. 68(5): 695 - 703.

Hassan, A.A. and J.E. Duffus. 1990. A review of a yellowing and stunting disorder of cucurbits in the United Arab Emirates. Emir. J. Agric. Sci. 2: 1-16.

Hewitt, E.J. 1966. Sand and water culture methods in the study of plant nutrition. Commonwealth Agric. Bureaux, Faranham Royal, England. 547 p.

Holder, R. and K.E. Cockshull. 1990. Effects of humidity on the growth and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 65: 31-39.

Hopen, H.J. and S.K. Ries. 1962. The mutually compensating effect of carbon dioxide concentrations and light intensities on the growth of Cucumis sativus L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 358 - 364.

Houten, Y.M. van and P. van Stratum. 1993. Biological control of western flower thrips in greenhouse sweet peppers using nondiapausing predatory mites. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomoloical Society No. 4: 229 - 234. (c.a. Hort. Abstr. 65: 1302, 1995).

Ilbi, H. and K. Boztok. 1994. The effects of different truss vibration durations on the pollination and fruit set of greenhouse grown tomatoes. Acta Horticulturae No. 366: 73 - 78.

Inbar, J., M. Abramsky, D. Cohen, and I. Chet. 1994. Plant growth enhancement and disease control by Trichoderma harzianum in vegetable seedlings grown under commercial conditions. European Journal of Plant Pathology 100 (5): 337 - 346. (c.a. Rev. Plant Path. 74: 2878, 1995).

Inoue, K., H. Yokota, and K. Makita. 1995. Introduction of exogenous sodium ascorbate into lettuce (butter head type) grown hydroponically. (In Japanese with English summary). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 63(4): 779 - 785. (c.a. Hort. Abstr. 65: 5856, 1995).

Ioslovich, I., I. Seginer, P.O. Gutman, and M. Borschevsky. 1995. Suboptimal CO_2 enrichment of greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research 60(2): 117 - 136. (c.a. Hort. Abstr. 65: 8548, 1995).

Jackson, M.B., P.S. Blackwell, J.R. Charimes, and T.V. Sims. 1984. Poor aeration in NFT and a means for its improvement. J. Hort. Sci. 59: 439 - 448.

Jarvis, W.R. 1989. Managing diseases in greenhouse crops. Plant Disease 73: 190 - 194.

Jeong, C.S., K.C. Yoo, and M. Nagaoka. 1994. Effects of CO_2 enrichment on net photosynthesis in Capsicum annunm L. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(6): 581 - 586. (c.a. Hort. Abstr. 65: 4074, 1995).

L. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(6): 581 - 586. (c.a. Hort. Abstr. 65: 4074, 1995).

Johnson, H. 1979. Hydroponics: guide to soilless culture systems. Div. Agric. Sci., Univ. Calif. Leaflet No. 2947. 15 p.

Jones, J.B. 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. J. Plant Nutrition 5: 1003 - 1030.

Jones, P., M.H.A. Sattar, and N. Alkaff. 1988. The incidence of virus diseases in watermelon and sweetmelon crops in the Peoples Democratic Republic of Yemen and their impact on cropping policy. Third Arab Congress of Plant Protection, Al-Ain, December 5-9, 1988. Abstract Book.

Jung, H.B., T. Ito, and T. Maruo. 1994. Effects of shading and NO_3: NO_4 ratios in the nutrient solution on the growth and yield of pepper plants in nutrient film technique culture. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 63(2): 371 - 377. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2156, 1995).

Kanahama, K. 1994. Studies on fruit vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64(1): 1-15.

Kasrawi, M. 1989. Response of cucumbers grown in plastic greenhouses to plant density and row arrangement. J. Hort. Sci. 64: 573 - 579.

Klieber, A., W.C. Lin, P.A. Jolliffe, and J.W. Hall. 1993. Training systems affect canopy light exposure and shelf life of long English cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 786 - 790.

Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1974. Increased tomato fruit development by CO_2 enrichment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 214 - 216.

Knies, P. and J.J.G. Breuer. 1980. Infra-red radiation heating for glasshouses? Groenten en Fruit 36 (8): 36 - 37.

Koning, A.N.M. de.1988. The effects of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes J. Hort. Sci. 63: 465 - 471.

Koontz, H.V., R.P. Prince, and R.F. Koontz. 1987. Comparison of fluorescent and high-pressure sodium lamps on growth of leaf lettuce. HortScience 22: 424 - 425.

Kratky, B.A. 1993. A capillary, noncirculating hydroponic method for leaf and semi-head lettuce. HortTechnology 3(2): 206 - 207.

Kratky, B.A., J.E. Bowen, and H. Imai. 1988. Observations on a noncirculating hydroponic system for tomato production. HortScience 23: 906 - 907.

Kurata, K. 1994. Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan. HortScience 29(4): 240 - 244.

Larsen, J.E. 1982. Growers problems with hydroponics. J. Plant Nutrition 5: 1077 - 1081.

Lee, J.-M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29(4): 235 - 239.

Lee, Y.B. and B.Y. Lee. 1994. Effect of long term CO_2 enrichment on chlorophyll, starch, soluble protein content, and RUBPCase activity in tomato plants. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(4): 309 - 317. (c.a. Hort. Abstr. 65: 6025, 1995).

Lee, Y.B. and B.Y. Lee. 1994. Effect of long-term CO_2 enrichment on leaf temperature, diffusion resistance, and photosynthetic rate in tomato plants. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 35(5): 421 - 428. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2179, 1995).

Lee, E.H., S.K. Park, K.Y. Kim, and K.B. You. 1993. The effect of NO_3-N and NH_4 - N ratio on growth and yield of hydroponically grown cucumber (Cucumis sativus L.). (In Korean with English summary). RDA J. Agric. Sci., Horticulture 35(2): 390 - 395. (c.a. Hort. Abstr. 65: 4019, 1995).

Lillo, C., V. Bjordal, K. Johansen, T. Netteland, R.E. Pedersen, E. Svendsen, L. Solvberg, P. Ruoff, and S.O. Grimstad. 1993. Effects of mem-

brane filtration on organic matter and viable bacteria in recirculating nutrient solutions in greenhouses. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science 43(2): 121 - 124. (c.a. Hort. Abstr. 65: 1243, 1995).

Lindhout, P. and G. Pet. 1990. Effects of CO_2 enrichment on young plant growth of 96 genotypes of tomato (Lycopersicon esculentum). Euphytica 51 (2): 191 - 196.

Longuenesse, J.J. 1990. Influence of CO_2 enrichment regime om photosynthesis and yield of a tomato crop. Acta Hort. No. 268: 63 - 70.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390 p.

Malfa, G. La. 1993. Comparative response of Solanacea to maximum temperature levels in the greenhouse. Agricoltura Mediterranea 123 (3): 267 - 272. (c.a. Hort. Abstr. 65: 1315, 1995).

Masuda, M. and S. Furusawa. 1991. Fruit yield and quality of tomatoes as affected by rootstocks in long-term nutrient film technique culture (In Japanese with English summary). Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University No. 78: 17 - 25. (c.a. Hort. Abstr. 64: 2007, 1994).

Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, N.Y. 629 p.

Matsubara, S. and M. Okamura. 1991. Growth of asparagus plants cultured on rockwool. (In Japanese with English summary). Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University No. 78: 11 - 16. (c.a. Hort. Abstr. 64: 1978, 1994).

Matsuzoe, N., H. Nakamura, H. Okubo, and K. Fujieda. 1993. Growth and yield of tomato plants grafted on Solanum root-stocks. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 61(4): 847 - 855. (c.a. Hort. Abstr. 65: 5115, 1995).

McAvoy, R.J., H.W. Janes, B.L. Godfriaux, M. Secks, D. Duchai, and W.K. Wittman. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. J. Hort. Sci. 64: 331 - 338.

McMurtry, M.R., D.C. Sanders, P.V. Nelson, and A. Nash. 1993. Mineral nutrient concentration and uptake by tomato irrigated with recirculating aquaculture water as influenced by quantity of fish waste products supplied. J. Plant Nutr. 16(3): 407 - 419.

Menzies, J., P. Bowen, D. Ehret, and A.D.M. Glass. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (6): 902 - 905.

Morra, L., G. Mennella, and R. D'Amore. 1992. Grafting of aubergine (Solanum melongena L.) as a method of control against soil pathogens and yield increase. II. Contributions. (In Italian). Colture Protette 21 (12): 85 - 93. (c.a. Hort. Abstr. 63: 5179, 1993).

Mortensen, L.M. 1994. Effects of eleveted CO_2 concentrations on growth and yield of eight vegetable species in a cool climate. Scientia Hort. 58(3): 177 - 185.

Nassar, A.H. and P.C. Crandall. 1987. Tunnel grower's handbook for Egypt. Plant Prod. Co., Giza, Egypt. 78 p.

Nederhoff, E.M. 1992. Effects of CO_2 on greenhouse grown eggplant (Solanum melongena L.). I. Leaf conductance. J. Hort. Sci. 67: 795 - 803.

Nederhoff, E.M. and K. Buitelaar. 1992. Effect of CO_2 on greenhouse grown eggplant Solanum melongena L. II. Leaf tip chlorosis and fruit production. J. Hort. Sci. 67: 805 - 812.

Nederhoff, E.M. and R. de Graaf. 1993. Effects of CO_2 on leaf conductance and canopy transpiration of greenhouse grown cucumber and tomato. J. Hort. Sci. 68(6): 925 - 937.

Nederhoff, E.M. , A.N.M. de Koning, and A.A. Rijsdijk. 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) as affected by CO_2 , plant density and pruning. J. Hort. Sci. 67: 411 - 420.

Nelson, P.V. 1978. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 518 p.

Nelson, P.V. 1985. (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Reston, Va. 598 p.

Newton, P. and Ramli Abdullah. 1993. The efficiency of Fe for tomato and cucumber in nutrient film culture. In "Proceedings of the 8th International congress on Soilless Culture, Hunters Rest, South Africa, 2-9 Oct. 1992"; pp. 283 - 300. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7105, 1995).

Nihoul, P. 1993. Asynchronous populations of Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot and effective control of Tetranychus urticae Koch on tomatoes under glass. J. Hort. Sci. 68(4): 581 - 588.

Nieman, R.H. 1962. Effect of osmotic concentration on the top weight of various plants. Bot. Gaz. 121: 279 - 285.

Nilsen, S., K. Hovland, C. Dons and S.P. Sletten. 1983. Effect of CO_2 enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. Scientia Hort. 20: 1 - 14.

Nucifora, A., G. Mauromicale, O. Sortino, and M. Davino. 1992. The effects of the use of bioscreens on dynamics of Bemisia tabaci infestation, TYLCV infection and tomato production. (In Italian). Colture Protette 21(12): 59 - 63. (c.a. Hort. Abstr. 63: 5206, 1993).

Oda, M. 1994. Effects of uniconazole and gibberellic acid application on elongation of hypocotyl and internodes in figleaf gourd for rootstock. JARQ, Jap. Agric. Res. Quart. 28(3): 195 - 199. (c.a. Hort. Abstr. 65: 4045, 1995).

Oda, M., M. Nagaoka, T. Mori, and M. Sei. 1994. Simultaneous grafting of young tomato plants using grafting plates. Scientia Hort. 58(3): 259 - 264.

Ohta, K., N. Ito, T. Hosoki, K. Endo, and O. Kajikawa. 1993. Influence of nutrient solution concentration on cracking of cherry tomato fruit grown hydroponically. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(2): 407 - 412. (c.a. Hort. Abstr. 65: 3135, 1995).

Ohta, K., N. Ito, T. Hosoki, K. Inaba, and T. Bessho. 1994. The influence of the concentration of the hydroponic nutrient culture solutions on the cracking of cherry tomato with special emphasis on water relationship. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(4): 811 - 816. (c.a. Hort. Abstr. 65: 1340, 1995).

Papadopoulos, A.P. and H. Tiessen. 1987. Root and air temperature effects on the elemental composition of tomato. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 988 - 993.

Pategas, K.G., A.C. Schuerger, and C. Wetter. 1989. Management of tomato mosaic virus in hydroponically grown pepper (Capsicum annuum). Plant Disease 73: 570 - 573.

Peet, M.M. and D.H. Willits. 1987. Greenhouse CO_2 enrichment alternatives: effects of increasing concentration on duration of enrichment on cucumber yields. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 236 - 241.

Peet, M.M., D.H. Willits, K.E. Tripp, W.K. Kroen, D.M. Pharr, M.A. Depa, and P.V. Nelson. 1991. CO_2 enrichment responses of chrysanthemum, cucumber and tomato: photosynthesis, growth, nutrient concentrations and yield. In Y.P. Abrol, Govindjee, P.V. Wattal, D.R. Ort, A. Gnanam, and A.H. Teramura (Eds) "Impact of Global Climatic Changes on Photosynthesis and Plant Productivity"; pp. 193 - 212. Oxford & IBH Pub. Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.

Picken, A.J.F. and M. Grimmett. 1986. The effects of two fruit setting

agents on the yield and quality of tomato fruit in glasshouses in winter. J. Hort. Sci. 61: 243 - 250.

Pill, W. G., B. Shi, H.D. Tilmon, and R.W. Taylor. 1995. Tomato bedding plant production in soilless media containing ground kenaf (Hibiscus cannabinus L.) stem core. J. Hort. Sci. 70 (5): 713 - 719.

Pirard, G., J. Deltour, and J. Nijskens. 1994. Controlled operation of thermal screens in greenhouses. Plasticulture No. 103: 11 - 22. (c.a. Hort. Abstr. 65: 3674, 1995).

Quarrell, C.P. and G.W. Ace. 1975. Crops under glass. MacDonald and Jones, London. 181 p.

Quilleré, I., D. Marie, L. Roux, F. Gosse, and J.F. Morot-Gaudry. 1993. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1. Design and management. Agriculture, Ecosystem and Environment 47(1): 13 - 30.

Rankin, L. and T.C. Paulitz. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for biological control of pythium root rot of greenhouse cucumbers in hydroponic culture. Plant Dis. 78(5): 447 - 451.

Rattink, H. 1993. Biological control of fusarium crown and root rot of tomato on a recirculation substrate system. Mededelingen von de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent 58(3b): 1329 - 1336. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2189, 1995).

Resh, H.M. 1985. (3rd ed.). Hydroponic food production. Woodbridge Press Pub. Co., Santa Barbara, California. 384 p.

Romero-Aranda, R. and J. Longuenesse. 1995. Modelling the effect of air vapour pressure deficit on leaf photosynthesis of greenhouse tomatoes: The importance of leaf conductance to CO_2. J. Hort. Sci. 70(3): 423 - 432.

Rui, C.H. and B.Z. Zheng. 1990. Yellow sticky traps combined with a mixture of insecticides for the integrated control of glasshouse whitefly.

(In Chinese with English summary). Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis 16(4): 429 - 435. (c.a. Hort. Abstr. 64: 3678, 1994).

Sady, W., S. Rozek, and J. Myczkowski. 1991. Growing of greenhouse tomato from seedlings at different stages of development at various temperatures of the air and nutrient solution. I. Growth and yield of plants. Folia Horticulturae 3(3): 65 - 79. (c.a. Hort. Abstr. 63: 2022, 1993).

Salman, S.R., M.O. Bakry, A.F. Abou-Hadid, and A.S. El-Beltagy. 1991. The effect of plastic mulch on the microclimate of plastic house. Acta Hort. No. 287: 417 - 425.

Samuels, A.L., A.D.M. Glass, D.L. Ehret, and J.G. Menzies. 1991. Mobility and depostion of silicon in cucumber plants. Plant, Cell and Environment 14: 485 - 492.

Samuels, A.L., A.D.M. Glass, D.L. Ehret, and J.G. Menzies. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. Ann. Bot. 72(5): 433 - 440.

Satti, S.M.E. and M. Lopez. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25(15 - 16): 2807 - 2823.

Satti, S.M.E., A.A. Ibrahim, and S.M. Al-Kindi. 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: implications. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25(15 - 16): 2825 - 2840.

Schacht, H. and M. Schenk. 1995. Controlling the nutrition of greenhouse cucumbers (Cucumis sativus L.) in recirculating nutrient solution by a simulation model. (In German with English summary). Gartenbauwissenschaft 60 (2): 77 - 85. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7021, 1995).

Schon, M.K., M.P. Compton, E. Bell, and I. Burns. 1994. Nitrogen concentrations affect pepper yield and leachate nitrate-nitrogen from rockwool culture. HortScience 29(10): 1139 - 1142.

Schuerger, A.C. and W. Hammer. 1995. Effects of temperature on disease development of tomato mosaic virus in Capsicum annuum in hydroponic systems. Plant Dis. 79(9): 880 - 885.

Schwartzkopf, S.H., D. Dudzinski, and R.S. Minners. 1987. The effects of nutrient solution sterilization on the growth and yield of hydroponically grown lettuce. HortScience 22: 873 - 874.

Schwarz, M. 1993. Carbon, a plant nutrient: deficiency, toxicity and balance in plants. In "Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture"; pp. 383 - 390. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands.

Sheldrae, R., Jr. 1967. Crop production in plastic greenhouses. XVII International Horticultural Congress, Vol. 3: 345 - 351.

Sheldrake, R., Jr. 1969. Planning, constructing and operating plastic covered greenhouses. Cornell Misc. Bul. 72. 15 p.

Sheldrake, R., Jr. 1971. Air makes the difference Amer. Veg. Grower. Jan. 1971.

Sheldrake, R., Jr. and R.W. Langhans. 1962. Heating requirement of plastic greenhouses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80: 666 - 669.

Shipp, J.L., G.H. Whitfield, and A.P. Papadopoulos. 1994. Effectiveness of the bumble bee, Bombus impatiens Cr. (Hymenoptera: Apidae) as a pollinator of greenhouse sweet pepper. Scientia Hort. 57(1-2): 29 - 39.

Slack, G. 1986. The effects of leaf removal on the development and yield of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 61: 353 - 360.

Slack, G. and D.W. Hand. 1985. The effect of winter and summer CO_2 enrichment on the growth and fruit yield of glasshouse cucumber. J. Hort. Sci. 60: 507 - 516.

Slack, G. and D.W. Hand. 1986. The effects of propagation temperature, CO_2 concentration and early post-harvest night temperature on the

fruit yield of January-sown cucumbers. J. Hort. Sci. 61: 303 - 306.

Slack, G., J.S. Fenlon, and D.W. Hand. 1988. The effects of summer CO_2 enrichment and ventilation temperatures on the yield, quality and value of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 63: 119 - 129.

Snyder, R.G. and W.L. Bauerle. 1985. Watering frequency and media volume affect growth, water status, yield, and quality of greenhouse tomatoes. HortScience 20: 205 - 207.

Sonneveld, C. and W. Voogt. 1991. Effects of Ca-stress on blossom-end rot and Mg-deficiency in rockwool grown tomato. Acta Hort. No. 249: 81 - 88.

Soria, C., A.I.L. Sesé, and M.L. Gómez-Guillamón 1995. Specificity of transmisson of melon yellowing viruses by Trialeurodes vaporariorum and Bemisia tabaci. Cucurbit Genet. Cooper. Report 18: 44.

Stanghellini, C. 1994. Enironmental effect on growth and its implications for climate management in "Mediterranean" greenhouses. Acta Hort. No. 361: 57 - 66.

Szkolink, M. 1983. Unique vapor activity by CGA-64251 (Vangard) in the control of powdery mildews roomwide in greenhouse. Plant Dis. 67: 360 - 366.

Takahashi, H., K. Koshio, and Y. Ota. 1993. Effects of ABA application to the culture solution on the growth, water relations and temperature stress in tomato plants. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62(2): 389 - 397. (c.a. Hort. Abstr. 65: 3109, 1995).

Takano, T. 1991. Effects of root-zone temperature by solution warming on the growth of tomato and melon plants in nutrient film technique. In B.Z. Lui (Ed.) "Proceedings of International Symposium on Applied Technology of Greenhouse"; pp. 244 - 248. Knowledge Pub. House, Beijing, China. (c.a. Hort. Abstr. 63: 7659, 1993).

Tanis, C. 1991. Research on cucumbers, silicon does indeed increase yield.

Groenten + Fruit, Glasgroenten 1(42): 40 - 41. (c.a. Hort. Abstr. 63: 7536, 1993).

Thompson, J.F. 1978. Small plastic greenhouses. Univ. Calif., Div. Agric. Sci. Leaflet 2387.

Tiessen, H. 1989. Using waste energy in greenhouse crop production. HortScience 24: 232 - 233.

Tognoni, F. and G. Serra. 1994. New techonlogies for protected cultivation to face environmental costraints and to meet consumer's requirements. Acta Hort. No. 361: 31 - 38.

Tremblay, N., S. Yelle and A. Gosselin. 1987. Effects of CO_2 enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of celery transplants. HortScience 22: 875 - 876.

Tripp, K.E., M.M. Peet, D.M. Pharr, D.H. Willits, and P.V. Nelson. 1991. CO_2-enriched yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO_2 environments. Plant Physiology 96(3): 713 - 719.

Tripp, K.E., W.K. Kroen, M.M. Peet, and D.H. Willits. 1992. Fewer whiteflies found on CO_2-enriched greenhouse tomatoes with high C:N ratios. HortScience 27: 1079 - 1080.

Turner, W.I. and V.M. Henry. 1939. Growing plants in nutrient solutions. Wiley, N.Y. 154 p.

Tüzel, Y. 1994. Effects of plastic water tubes on greenhouse climate and tomato production. Acta Hort. No. 366: 175 - 182.

Vakalounakis, D.J. 1992. Control of fungal diseases of greenhouse tomato under long-wave infrared-absorbing plastic film. Plant Dis. 76: 43 - 46.

s, T., K. Fujieda, H.Okuba, and Y. Ichiki. 1992. Studies on the protected cultivation of tomato in Thailand. Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University 15: 1 - 47. (c.a. Hort. Abstr. 64: 4576, 1994).

Vargues, A.C., J.L. Campo, and A.A. Monteiro. 1994. The effect of greenhouse double-roof on tomato growth and yield. Acta Hort. 357: 317 - 324.

Vogel, G. 1994. Soilless outdoor tomatoes with superior growth and yield also in 1993. (In German with English summary). Gartenbau Magazin 3(4): 43 - 45. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7088, 1995).

Vogel, G. and I. Flögel. 1993. Earliness and yield as well as fruit quality better than in soil culture. (In German with English summary). Gartenbau Magazin 2(3): 49 - 51. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7090, 1995).

Vooren, J. van de, G.W.H. Welles and G. Hayman. 1986. Glasshouse crop production. In J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 581 - 623. Chapman and Hall, London.

Vuruskan, M.A. and R. Yanmaz. 1991. Effects of different grafting methods on the success of grafting and yield of eggplant/tomato graft combination. Acta Hort. No. 287: 405 - 409.

Wang, P.L. 1990. The effect of ferrous and ferric iron on the growth of sweet peppers. (In Chinese). Acta Hort. Sinica 17: 217 - 222. (c.a. Hort. Abstr. 63: 2004, 1993).

Ware, G.W. and J.P. McCollum. 1980. (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607 p.

Warren-Wilson, J., D.W. Hand, and M.A. Hannah. 1992. Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops. J. Exp. Bot. 43(248): 363 - 373.

Watterson, J.C. 1986. Diseases. In J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 443 - 484. Chapman and Hall, London.

Weaver, R.J. 1972. Plant growth substances in agriculture. S. Chand & Co. Ltd, New Delhi. 594 p.

Welch, R.M. 1995. Micronutrient nutrition of plants. Critical Reviews in Plant Sciences 14(1): 49 - 82.

Wellman, K.C.C. 1993. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. In "Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture"; pp. 453 - 463. International Society for Soilless Culture, Wageningen, Netherlands.

Weng, Z.X., B.D. Li, and D.X. Feng. 1993. Study on enhancement of cucumber resistance and yield by grafting on Cucurbita ficifolia (In Chinese). Chinese Vegetables No. 3: 11 - 15. (c.a. Rev. Plant Path. 74: 1575, 1995).

White, J.R.A. 1993. Nutrient uptake by tomatoes grown in NFT. In "Proceedings of the 8th International Congress on Soilless Culture, Hunters Rest., South Africa, 2 - 9 Oct. 1992"; pp. 483 - 496. International Society fot Soilless Culture, Wageningen, Netherlands. (c.a. Hort. Abstr. 65: 7099, 1995).

Wilcox, G.E. 1982. The future of hydroponics as a research and plant produetion method. J. Plant Nutr. 5: 1031 - 1038.

Willits, D.H. and M.M. Peet. 1994. Misting external shade cloths. Part 1: Relief from the heat? North Carolina Flower Growers' Bulletin 39(2): 1 - 5. (c.a. Hort. Abstr. 65: 1317, 1995).

Wittwer, S.H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, Lettuce and cucumbers. Mich. State Univ. Press, East Lansing 255 p.

Xu, H.L., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1994. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. J. Hort. Sci. 69(5): 821 - 832.

Y· 'V.M. and S.Y. Yang. 1991. Basic study on a new soilless culture. II. fects of rhizosphere oxygen levels on the physico-ecological characteristics of tomato in aeroponics (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 32(4): 434 - 439. (c.a. Hort. Abstr. 64: 7123, 1994).

Yelle, S., A. Gosselin, and M.J. Trudel. 1987. Effect of atmospheric CO_2 concentration and root-zone temperature on growth, mineral nutrition, and nitrate reductase activity of greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 1036 - 1040.

Yoshida, S. and H. Eguchi. 1994. Environmental analysis of aerial O_2 transport through leaves for root respiration in relation to water uptake in cucumber plants (Cucumis sativus L.) in O_2-deficient nutrient solution. J. Exper. Bot. 45(271): 187 - 192.

Yu, J.Q., K.S. Lee, and Y. Matsui. 1993. Effect of the addition of activated charcoal to the nutrient solution on the growth of tomato in hydroponic culture. Soil Sci. Plant Nutr. 39(1): 13 - 22.

Zijlstra, S., S.P.C. Groot, and J. Jansen. 1993. Genotypic variation of rootstocks for growth and production in cucumber; possibilities for improving the root system by plant breeding. Scientia Hort. 56(3): 185 - 196.

شكل (٣ - ٥) : تدفئة الفلفل بالأنابيب البلاستيكية المملوءة بالماء ، والممتدة إلى جوار خطوط الزراعة . يكتسب الماء الحرارة نهاراً ، ويفقدها ليلا بالإشعاع (مجلة الصوب الزراعية - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي - أكتوبر ١٩٩١) .

شكل (٣ - ١٠) : أحد الأنواع الحديثة من الوسائد pads المستخدمة في التبريد (شركة CELdek) .

شكل (٣ - ١٨) : وسائد التبريد ، وهي تمتد بطول بيتٍ محميٍّ ضخمٍ يتكون من مجموعةٍ كبيرةٍ من البيوت المتصلة معًا .

شكل (٣ - ١٩) : تراكم شديد للأملاح على وسائد التبريد ؛ بسبب عدم تزويدها بمياه تكفي لغسيل الأملاح المتراكمة عليها أولا بأول . يتعين غسيل هذه الأملاح بتيارٍ قويٍّ من الماء .

شكل (٥ - ٤) : مزرعة حصى يبلغ عرض أحواض الزراعة فيها ٦٠سم وعمقها ٦٠سم . توجد في قاع كل حوضٍ ماسورة PVC مثقبة بقطر ٣ بوصات (٧,٥سم) ، عليها طبقة سمكها ٢٠سم من حجارة بقطر حوالي ١٠ سم ، ثم طبقة ثانية سمكها ٢٠سم أيضًا من حصًى كبيرٍ نسبيًا ، ثم على السطح (تظهر فيّ الصورة) طبقة ثالثة بسمك ٢٠ سم من حصى صغيرٍ نسبيًا .

شكل (٥ - ٥) : إنتاج شتلات الخيار في مكعبات الصوف الصخري .

شكل (٥ - ٧) : خيار مشتول حديثًا في مزرعة صوف صخري بمعدل نباتين لكل وسادة . يلاحظ بالصورة أن الفتحة التي قطعت في كيس الوسادة بقدر مساحة مكعب الشتلة دون زيادة أو نقصان ، وأن كل نبات يروى على حدة بأنبوب خاص يمده بالمحلول المغذي بطريقة التنقيط .

شكل (٥ - ٨) : نمو نباتات طماطم - في مزرعة صوف صخري - وهي في بداية مرحلة الإزهار .

شكل (٥ - ٩) : نمو نباتات الفلفل في مزرعة صوفٍ صخريٍّ .

شكل (٥ - ١٢) : خطوات توزيع شرائح من البيت موس المضغوط على الأغوار ، وتوزيع الشتلات - وهي نامية في أصص بدون قاع - على الشرائح (لتشكل مزرعة حلقات) ، واستمرار النمو النباتي حتى مرحلة الإثمار ، مع الري بالتنقيط (عن كتالوج لشركة Hasselfors Garden) .

شكل (٥ – ١٣) : كيس بيت Peat Module ينمو فيه نباتا خيار . يُلاحظ أن الرى يجرى بطريقة التنقيط .

شكل (٥ – ١٤) : نمو نباتات الطماطم والفلفل فى مزرعة أكياسٍ Bag Culture . يلاحظ وجود صف الأكياس على شريحةٍ بلاستيكيةٍ توضع على سطح الأرض مباشرةً .

شكل (٥ – ١٧) : منظر عام لمزرعة أجولة مدلاة (شركة Topad Agrodevelopment ، عن مجلة الزراعة فى الشرق الأوسط – العدد الرابع ، ١٩٨٥م) .

شكل (٦ – ٧) : تربية الطماطم رأسيًا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى .

شكل (٧ – ١) : إقامة الأحواض اللازمة لغسيل الأملاح فى البيوت المحمية .

شكل (٧ – ٣) : خطوات عملية التطعيم بالإيلاج فى حفرة Hole Insertion Grafting : (١) عمل حفرة فى موضع القمة النامية بين فلقتى بادرة الأصل ، (٢) فصل الفلقتين والقمة النامية مع جزء قصير من السويقة الجنينية السفلى (مع جعل قاعدته مخروطية الشكل) فى الطعم ، (٣) إيلاج الطعم فى الفَجوة التى سبق عملها فى الأصل ، (٤) الشتلة المطعومة .

شكل (٧ – ٤) : خطوات عملية التطعيم اللسانى Tongue Approach Grafting : (١) بادرة الطعم تقطع فيها السويقة الجنينية السفلى إلى أعلى ، (٢) بادرة الأصل تقطع فيها السويقة الجنينية السفلى إلى أسفل ، (٣) وصل بادرتى الأصل والطعم معًا ، (٤) الضغط على موضع اتصال الأصل مع الطعم بمشبك خاص ، (٥) الشتلة المطعومة . يتم بعد اكتمال الالتحام قص النمو الخضرى للأصل فوق منطقة التطعيم ، والنمو الجذرى للطعم أسفلها (عن كتالوج لشركة بذور تاكى Takii Seed اليابانية) .

شكل (٩ – ١) : لوحات صفراء جاذبة للحشرات ولاصقة لها ، تُعلّق فى مواجهة وسائد التبريد وفتحات التهوية ، وتفيد فى التخلص من حشرة الذبابة البيضاء التى تتسرب إلى داخل الصوبة من خلال تلك الفتحات .

شكل (٩ – ١٣) : إصابة شديدة بفيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم Tomato Yellow Leaf Curl Virus .

شكل (١٠ - ١) : توجيه الفروع الرئيسية لنباتات الفلفل لكى تنمو قائمةً ؛ بلفِّها حول خيوطٍ رأسيةٍ .

شكل (١٠ - ٢) : المحافظة على التوجه الرأسى لنباتات الفلفل باستعمال طبقات من شِباك ذات فتحاتٍ واسعةٍ ، توضع - واحدةً تلو الأخرى - أعلى مستوى النمو النباتى مباشرةً خلال مختَلف مَراحل نمو النباتات .

شكل (١١ - ١) : التربية الرأسية لنباتات الخيار .

شكل (١١ - ٤) : إزالة الأوراق السفلية لنباتات الخيار ؛ لأجل تحسين التهوية .

رقم الإيداع : ٧٨١٤ / ٩٩



7 & 10 شارع السلام أرض اللواء المهندسين
تليفون : 3256098 - 3251043